

**Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2010**

**Bc. Marek Homola**

**Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Katedra elektroenergetiky**

Náhradní zapojení distribuční soustavy 110 kV po dobu provádění  
rekonstrukce rozvodny 110 kV Albrechtice

Alternative Connection of 110 kV Distribution Network During  
Reconstruction of 110 kV Substation Albrechtice

**2010**

**Bc. Marek Homola**

## **Zadání:**

1. Teoretický rozbor sítí, výpočty chodu sítě, výpočty ztrát
2. Současný stav - Zdůvodnění potřeby rekonstrukce rozvodny 110kV Albrechtice
3. Variantní návrh postupu rekonstrukce
4. Výběr vhodné varianty s ohledem na zabezpečení DS110kV v době rekonstrukce a technickou proveditelnost navržené varianty
5. Nutné úpravy v DS 110kV před započítáním rekonstrukce
6. Dopad na výrobní elektřiny a zařízení provozovatele přenosové soustavy v době provádění rekonstrukce
7. Zhodnocení přínosu rekonstrukce rozvodny 110kV Albrechtice pro možnosti dalšího provozu DS 110kV v oblasti

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne .....

.....

Marek Homola

## **Poděkování:**

Za vedení, cenné připomínky a odbornou pomoc při vypracování této diplomové práce děkuji vedoucímu diplomové práce **Prof. Ing. Stanislavu Ruskovi, CSc.** a **Ing. Jiřímu Šoltysovi** ze společnosti ČEZ Distribuce a. s.

## Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá rekonstrukcí rozvodny 110 kV Albrechtice, kterou plánuje firma ČEZ Distribuce a.s. Úvodní teoretická část popisuje elektrické sítě a stanice v ČR. Další kapitola popisuje stávající stav rozvodny, zdůvodnění její rekonstrukce a popis nového stavu rozvodny. Praktická část obsahuje popis možných variant rekonstrukce a zdůvodnění výběru vhodné varianty. Dále jsou zde popsány nutné úpravy v distribuční síti před zahájením vlastní rekonstrukce vybrané varianty. Následuje vyhodnocení dopadů rekonstrukce na výrobní elektrické energie a zařízení provozovatele přenosové a distribuční soustavy v době provádění rekonstrukce. Poslední kapitoly jsou určeny pro zhodnocení přínosu rekonstrukce rozvodny, ekonomickému rozboru vybrané varianty a vyvození závěru.

## Abstrakt:

This diploma thesis deals with a reconstruction of substation 110 kV Albrechtice which is planned by company ČEZ Distribuce a.s. The preamble is about power networks and substations in Czech Republic. The next part of this diploma thesis describes the current state of the substation, reasons for its reconstruction and description of its new state. The practical part contains description of possible options of its reconstructions and the reasons for chosen option. It also explains the necessary improvements in the distribution network before the commencement of its reconstruction based on the chosen option. It follows by the assessment of the impact the reconstruction had on electricity producing facilities and transmission system operators equipment. The last chapters are dedicated to review the contribution of the control room reconstruction and conclusion of the diploma thesis.

## Klíčová slova:

Rozvodna, distribuční síť, přenosová síť, přípojnice, elektrické vedení, elektrárna, odpojovač, výkonový vypínač, transformátor.

## Keywords:

Substation, distribution network, transmission network, busbar, power line, power station, isolator switch, circuit breaker, transformer.

## Seznam použitých symbolů a zkratek:

A		první hlavní přípojnice
ALB		rozvodna Albrechtice
AlFe		typ vodiče elektrické energie nebo zemního lana
B		druhá hlavní přípojnice
BSP		budova společných provozů
C	(F)	kapacita
CSAR		důl Československé armády
DDKL		důl Dukla
DOU		rozvodna Doubrava
EDE		elektrárna Dětmárovice
G	(S)	svod
HAVB		rozvodna Havířov
HOK		hlavní ocelová konstrukce
KSP		kombinovaný spínač
KZL		kombinované zemní lano
L	(H)	indukčnost
LIS		rozvodna Lískovec
P		pomocná přípojnice
POK		pomocná ocelová konstrukce
R	( $\Omega$ )	elektrický odpor
Rel 511		typ distanční ochrany vedení
ROP		rozvodna Ropice
S	(mm <sup>2</sup> )	průřez vodiče

SP		spínač přípojníc
SPP		spínač pomocné přípojnice
STON		rozvodna Stonava
T101		transformátor 110/22 kV
T102		transformátor 110/22 kV
T401		transformátor 400/110 kV
T402		transformátor 400/110 kV
TKV		Teplárna Karviná
VRAT		rozvodna Vratimov
Y	(S)	admittance
Z	( $\Omega$ )	impedance
a	(m)	vzdálenost mezi vodiči
l	(m)	délka vodiče
$\rho$	( $\Omega \cdot mm^2 \cdot m^{-1}$ )	měrný odpor vodiče



# Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Teoretický rozbor sítí, výpočty chodu sítě, výpočty ztrát.....</b>	<b>2</b>
2.1 Teoretický rozbor sítí .....	2
2.1.1 Dělení elektrických sítí.....	2
2.1.2 Základní schémata elektrických stanic a rozvoden .....	3
2.1.3 Schémata odboček.....	4
2.2 Výpočet chodu sítě.....	6
2.2.1 Elektrické parametry vedení.....	6
2.2.2 Metody výpočtu.....	12
2.2.3 Výpočty ztrát.....	14
<b>3. Současný stav – zdůvodnění potřeby rekonstrukce rozvodny .....</b>	<b>16</b>
3.1 Popis stávajícího stavu .....	16
3.2 Popis nového stavu.....	17
<b>4. Variantní návrh postupu rekonstrukce.....</b>	<b>18</b>
4.1 Varianta č. 1 - Rekonstrukce jedné poloviny rozvodny a poté druhé .....	18
4.2 Varianta č. 2 - Výměna po dvou a jednom modulu.....	21
4.3 Varianta č. 3 - Výměna po jednom modulu .....	24
<b>5. Výběr vhodné varianty s ohledem na zabezpečení DS 110 kV v době rekonstrukce, technickou proveditelnost navržené varianty .....</b>	<b>29</b>
<b>6. Nutné úpravy v DS 110 kV před započítáním rekonstrukce .....</b>	<b>29</b>
<b>7. Dopad na výrobní elektrárny a zařízení provozovatele přenosové soustavy v době provádění rekonstrukce.....</b>	<b>31</b>
<b>8. Dopad na výrobní elektrárny a zařízení provozovatele distribuční soustavy v době provádění rekonstrukce .....</b>	<b>31</b>
8.1 Provoz sítě v první etapě rekonstrukce.....	33
8.2 Provoz sítě ve třetí etapě rekonstrukce.....	34
8.3 Přehled zatížení vedení a transformátorů při rekonstrukci rozvodny.....	35
<b>9. Zhodnocení přínosu rekonstrukce rozvodny 110 kV Albrechtice pro možnosti dalšího provozu DS 110 kV v oblasti.....</b>	<b>36</b>
<b>10. Ekonomický rozbor rekonstrukce .....</b>	<b>36</b>
<b>11. Závěr.....</b>	<b>40</b>

Použitá literatura

Seznam příloh

# 1. Úvod

Rozvodna Albrechtice byla uvedena do provozu v roce 1965. Její výstavba byla vynucena nutností vyvést výkon budované elektrárny Dětmárovice a zajistit zásobování dolů a těžkého průmyslu v ostravsko karvinské oblasti. Rozvodna 110kV prošla rekonstrukcí v letech 1990-95.

Úvodní teoretická část popisuje elektrické sítě v ČR a jejich dělení. Dále pak schémata elektrických stanic a přehled odboček. Jsou zde uvedeny parametry vedení a teorie pro výpočet přenosu výkonu na vedení a jeho zatížení.

V další kapitole je uveden popis stávajícího stavu rozvodny a zdůvodnění rekonstrukce rozvodny 110 kV včetně popisu stavu rozvodny po rekonstrukci dané investorem ČEZ Distribuce a.s. Následně tu jsou popsány 3 varianty možného postupu rekonstrukce. Pak je vybrána vhodná varianta (č. 1) s náležitým odůvodněním. Dále jsou popsány nutné úpravy v distribuční síti 110 kV před započítáním rekonstrukce s ohledem na pravidlo N-1. Dopad na výrobní elektrárny a zařízení provozovatele distribuční a přenosové soustavy v době provádění rekonstrukce je znázorněn pomocí simulace v programu PAS DAISY pro jednotlivé etapy rekonstrukce. V další kapitole jsou tyto výsledky vyhodnoceny.

Cílem této práce je určit vhodnou variantu rekonstrukce rozvodny 110 kV. Popsat zákroky v distribuční síti během daných etap rekonstrukce a ověřit výpočtem zatížení vedení a transformátorů. Dále pak zhodnotit přínosy této rekonstrukce pro distribuční síť v regionu.

## 2. Teoretický rozbor sítí, výpočty chodu sítě, výpočty ztrát

V této kapitole je popsán teoretický rozbor elektrických sítí a jejich dělení, dále jsou zde uvedena základní schémata elektrických stanic a jejich odboček. Jako další jsou zde uvedeny teoretické metody pro výpočet chodu sítě a ztrát.

### 2.1 Teoretický rozbor sítí

Do teoretického rozboru sítí patří jejich základní rozdělení a dále pak popis schémat elektrických stanic s popisem jejich odboček.

#### 2.1.1 Dělení elektrických sítí

Elektrické sítě dělíme z několika hledisek [1]:

- Z hlediska parametrů:

Sítě s prostorově soustředěnými parametry (sítě NN a VN) tzv. krátká vedení, u kterých respektujeme činný odpor  $R$  u stejnosměrných sítí, u střídavých sítí respektujeme činný odpor  $R$  a indukčnost vedení  $L$ . Sítě s prostorově rozloženými parametry (sítě VVN) tzv. dlouhá vedení, u kterých respektujeme činný odpor  $R$ , indukčnost  $L$  a kapacitu  $C$ ; u vedení se jmenovitým napětím 400 kV a výše dále respektujeme svodovou vodivost  $G$ .

- Z hlediska hladiny napětí:

Přenosové sítě jsou dány hladinami napětí: 400 kV, 220 kV, částečně 110 kV,

Distribuční sítě – částečně 110 kV, 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV, 0.4 kV.

Tabulka č. 1: Charakteristika elektrických sítí ČR

napětí	provoz uzlu	řešení sítě		konstrukční provedení	
		projekt	provoz	stanice	vedení
400kV 220kV	Účinně uzemněná síť	Okružní	Okružní	Venkovní nebo zapouzďžené	Venkovní i kabelové
110kV		Okružní	Paprsková		
35kV 22kV	Izolovaná síť	Okružní nebo paprsková	Paprsková a okružní síť	Vnitřní : kobkové, skříňové, zapouzďžené	Kabelové i venkovní
400V	Účinně uzemněná síť	Paprsková, okružní nebo mřížová síť	Paprsková nebo mřížová síť	Kabelové i venkovní	Kabelové i venkovní

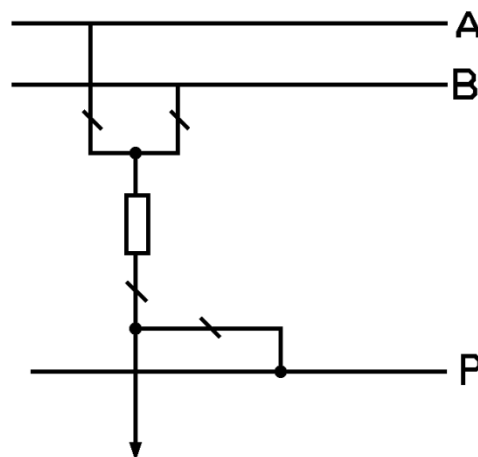
### 2.1.2 Základní schémata elektrických stanic a rozvoden

Schémat elektrických stanic se liší hladinami napětí, na kterých jsou provozována a zároveň jejich důležitostí v elektrizační soustavě dle [1]:

- Schémata stanic 440 kV a 220 kV

Soustava napětí 400kV je určena pro dálkové přenosy velkých výkonů.

- a) Rozvodna s dvojími přípojnými, z nichž jedna je zároveň přípojnou pomocnou
- b) Rozvodna s dvojími přípojnými hlavní a samostatnou pomocnou přípojnou (viz. obr. č. 1.1)
- c) Rozvodna zapojená do „H,,
- d) Úsporné schéma do čtyřúhelníku
- e) Rozvodna velké důležitosti se zvětšeným zabezpečením odboček znásobením vypínačů



Obr. č. 1.1: Rozvodna s dvojím systémem hlavních přípojníc a jedné pomocné

- Schémata stanic 110kV

- a) Základní schémata rozvoden 110 kV jsou závislá především na počtu odboček
- b) Rozvodny střední velikosti
- c) Úsporná schémata malých rozvoden
- d) „H,, spojení pro 4 odbočky

- Schémata rozvoden 35kV

Rozvodny 35kV jsou nejčastěji venkovní, mohou být také kryté s kobkami.

- Malý počet odboček
- Důležité rozvodny
- Vnitřní provedení

- Schéma rozvoden 22kV

Rozvodny pro napětí 22kV se sestavují ze skříňových rozvaděčů ve venkovním i vnitřním provedení, s použitím výsuvných vypínačů.

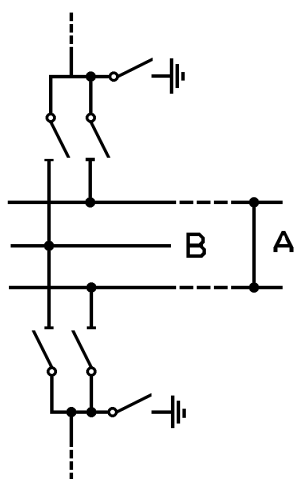
- S výsuvnými vypínači
  - jednoduchá přípojnice
  - dvojité přípojnice
- Se dvěma výsuvnými vypínači v odbočce

### 2.1.3 Schémata odboček

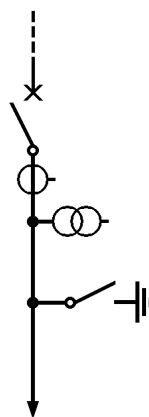
Odbočky se používají k připojení jednotlivých vedení, transformátorů a dalších zařízení k přípojnicím v elektrických rozvodnách. Vybavení odboček se liší dle jejich typu [2]:

- Hlavní odbočky

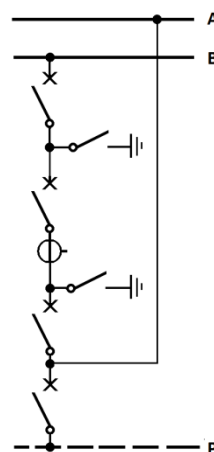
Odbočky ve stanici VVN mají vždy schémata s plnou výzbrojí, pouze v některých případech může chybět vývodový odpojovač. Ve stanicích se odbočky připojují na přípojnicové systémy (viz obr. č. 1.1.1).



Obr. č. 1.1.1: Odbočka



Obr. č. 1.1.2: Odbočka

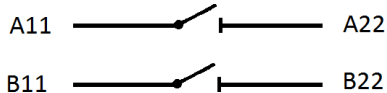


Obr. č. 1.1.3: Odbočka

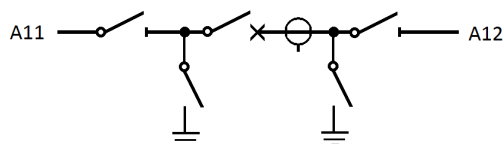
Uzemňovací odpojovače lze nahradit přenosnými soupravami dimenzovanými na zkratový proud a časy ochran dle normy. Zapouzdřená rozvodná zařízení VVN jsou uzemňovacími odpojovači vybavena. Od přípojnicových odpojovačů pokračují dále hlavní odbočky pro elektrická vedení dle obr. č. 1.1.2 na kterém je odbočka pro venkovní vedení.

#### b) Pomocné odbočky

Na obr. č. 1.1.3 je uvedeno schéma příčného spínače přípojnice, který umožňuje paralelní sepnutí dvou přípojnicových systémů při převodu odbočky z jednoho systému na druhý bez přerušení dodávky elektrické energie.

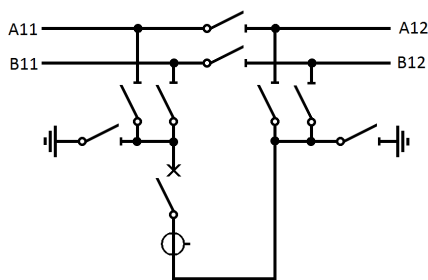


Obr. č. 1.1.4: Přípojnice

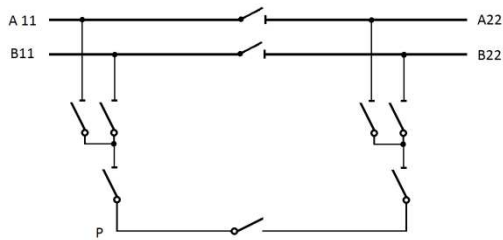


Obr. č. 1.1.5: Přípojnice

Podélné spínání dělených přípojnic lze provádět pouze odpojovačem dle obr. č. 1.1.4. Takto lze spínat přípojnice pouze bez zatížení. Podélné spínání přípojnic při zatížení se provádí podle schématu na obr. č. 1.1.5. Spínač pomocné přípojnice umožňuje náhradu vypínače libovolné odbočky. Schéma zapojení na obr. č. 1.1.6 je pro více spínačů pomocného systému.



Obr. č. 1.1.6: SPP



Obr. č. 1.1.7: KSP

V některých případech se z ekonomických důvodů používá kombinovaných spínačů, ten je použit i v rozvodně Albrechtice. Na dalším obr. č. 1.1.7 je schéma kombinovaného spínače pro podélné a příčné spínání a pro spínání pomocné přípojnice.

## 2.2 Výpočet chodu sítě

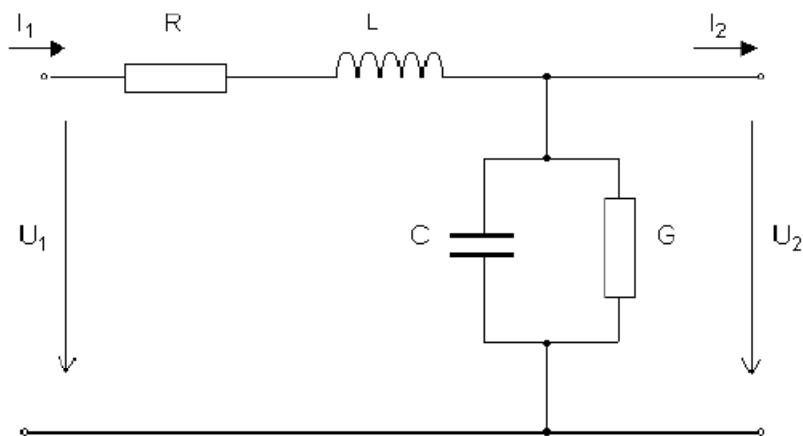
Tato část popisuje základní parametry vedení, metodu pro výpočet ustáleného chodu sítě a výpočet ztrát výkonu na vedení.

### 2.2.1 Elektrické parametry vedení

Jsou zde popsány základní parametry charakterizující elektrická vedení dle [3].

V obecném případě mají vodiče tyto čtyři parametry:

- činný odpor  $R$  ( $\Omega$ )
- indukčnost  $L$  (H)
- kapacita  $C$  (F)
- svod (svodová vodivost)  $G$  (S)



Obr. č. 2: Jednofázový model vedení s uvedením jednotlivých parametrů

Při výpočtech stejnosměrných vedení bude brán v úvahu pouze jeden parametr a to činný odpor. Při výpočtech střídavých vedení NN a VN pak dva parametry – činný odpor a indukčnost vedení. U výpočtu střídavých vedení VVN a ZVN budou brány v úvahu všechny čtyři parametry vedení.

Činný odpor  $R$  a indukčnost vedení  $L$  tvoří tzv. podélnou impedanci vedení (1), která je vyjádřena vztahem:

$$Z = R + j \cdot \omega \cdot L \quad (\Omega) \quad (1)$$

Reálnou část podélné impedance tvoří činný odpor a imaginární část tvoří induktivní reaktance.

Kapacita vedení  $C$  a svodová vodivost  $G$  tvoří tzv. příčnou admitanci vedení (2), která je vyjádřena vztahem:

$$Y = G + j \cdot \omega \cdot C \quad (\text{S}) \quad (2)$$

### Činný odpor vedení

Činný odpor vedení (3) je závislý na vodivém materiálu vedení. Odpor vedení je přímo úměrný měrnému odporu vedení, délce vedení a nepřímo úměrný průřezu vedení.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (\Omega) \quad (3)$$

Činný odpor (4) se udává při určité teplotě ( $20^\circ\text{C}$ ), je totiž teplotně závislý. Pro vodiče platí, že odpor s rostoucí teplotou roste a naopak. Tuto závislost zohledňuje teplotní součinitel odporu  $\alpha$ . Pro odpor při libovolné teplotě platí vztah:

$$R_\vartheta = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\vartheta) \quad (\Omega) \quad (4)$$

$R_\vartheta$ ...činný odpor při teplotě  $\vartheta$  ( $\Omega$ )

$R_{20}$ ...činný odpor při teplotě  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega$ )

$\alpha$ ...teplotní součinitel odporu ( $\text{K}^{-1}$ )

$\Delta\vartheta$ ...teplotní rozdíl od  $20^\circ\text{C}$  (K)

Činný odpor (5) je také frekvenčně závislý (skinefekt), lze tedy říci, že střídavý odpor je vyšší než odpor stejnosměrný.

$$R_{ST\check{R}} = k \cdot R_{SS} \quad (\Omega) \quad (5)$$

### Ohmický odpor země

Protože v mnoha případech je zem používána jako vodič elektrické energie, je nutno vyjádřit také činný odpor země (6).

$$R_Z = \pi^2 \cdot f \cdot 10^{-4} \quad (\Omega \cdot \text{km}^{-1}) \quad (6)$$



## Indukčnost vedení

Kolem vodiče se vytváří elektromagnetické pole, které působí na okolní vodiče i na vodič samotný. Proto vykazuje každé elektrické vedení také indukčnost. Odvození indukčnosti vedení vychází ze znalostí řešení elektromagnetického pole. Rozlišujeme vlastní indukčnost vodiče a vzájemnou indukčnost mezi jednotlivými vodiči. Pro vlastní indukčnost vodiče (7) lze odvodit následující vztah, který udává indukčnost vztaženou na jednotku délky vodiče (zpravidla na kilometr).

$$L = 0,46 \cdot \log \frac{2 \cdot l}{2} - 0,15 \quad (\text{mH.km}^{-1}) \quad (7)$$

Pro vzájemnou indukčnost na kilometr platí následující vztah (8):

$$M = 0,46 \cdot \log \frac{2 \cdot l}{a} - 0,2 \quad (\text{mH.km}^{-1}) \quad (8)$$

a...vzdálenost mezi vodiči

## Jednoduché trojfázové vedení nesymetrické

Většinou se počítá tzv. střední indukčnost vedení (9), která je vyjádřena aritmetickým průměrem indukčností jednotlivých vodičů:

$$L_{Cstř} = \frac{1}{3}(L_{C1} + L_{C2} + L_{C3}) = 0,46 \cdot \frac{\sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}}}{r} + 0,05 \quad (\text{mH.km}^{-1}) \quad (9)$$

V praxi se nejčastěji používá vztah (10):

$$L_{Cstř} = 0,46 \cdot \log \frac{a_s}{r} + 0,05 \quad (\text{mH.km}^{-1}) \quad (10)$$

$L_{Cstř}$ ...indukčnost vedení na jeden kilometr ( $\text{mH.km}^{-1}$ )

$a_s$ ... střední vzdálenost vodičů (11) (m)

$r$ ... poloměr vodiče (m)

$$a_s = \sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{13} \cdot a_{23}} \quad (\text{m}) \quad (11)$$

$a_{12}$ ,  $a_{13}$ ,  $a_{23}$  ... vzdálenosti jednotlivých fází (m)

### Indukčnost svazkových vodičů

U vedení VVN a ZVN se zpravidla používá tzv. svazkových vodičů. Znamená to, že každá fáze není tvořena pouze jedním vodičem, ale svazkem několika vodičů, které mají od sebe vzdálenost  $d$ . Počet vodičů ve svazku  $n$  je různý.

Výhody použití svazkových vodičů jsou následující:

- zlepšení mechanických vlastností vedení
- vliv na parametry vedení (menší indukčnost a tím i induktivní reaktance)
- zmenšení ztrát koronou

Z hlediska elektromagnetického pole se chová svazkový vodič v podstatě jako kruhový vodič o tzv. ekvivalentním poloměru  $r_e$  (12). Pro tento poloměr platí následující vztah:

$$r_e = \sqrt[n]{r \cdot d_{12} \cdot d_{12} \dots d_{1n}} \quad (12)$$

Výsledný vztah pro střední indukčnost vedení (13) se svazkovými vodiči je dán vztahem:

$$L_{fstr} = 0,46 \cdot \log \frac{\sqrt[3]{a_{12} \cdot a_{12} \cdot a_{23}}}{\sqrt[n]{r \cdot d_{12} \cdot d_{12} \dots d_{1n}}} + \frac{0,05}{n} = 0,46 \cdot \log \frac{a_s}{r_e} + \frac{0,05}{n} \quad (\text{mH} \cdot \text{km}^{-1}) \quad (13)$$

### Indukčnost kabelů

U kabelu je indukčnost nižší než u venkovního vedení o stejných přenosových schopnostech. Vztah  $x$  je možno použít pouze pro trojfázové plastové kabely. U kabelů se stíněním, pancířem atd. platí vztahy složitější. Induktivní reaktanci kabelů na kilometr délky udává výrobce.

### Kapacita vedení

Kolem vodiče se vytváří elektrické pole, které působí na okolní vodiče i na vodič samotný. Proto vykazuje každé elektrické vedení také kapacitu. Odvození kapacity vedení vychází ze znalostí řešení elektrostatického pole. Základním vztahem, ze kterého se vychází při odvození kapacity vedení, je vztah pro elektrický potenciál (14).

$$U = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{a_0}{a} \quad (\text{V}) \quad (14)$$

U... potenciál (V)

Q... náboj vodiče (C.m-1)

$\epsilon$ ... permitivita (F.m-1)

a... vzdálenost od vodiče (m)

$a_0$ ... vzdálenost od vodiče ve kterém se předpokládá nulový potenciál (m)

### Trojfázové vedení

Předpokládáme nesymetrické vedení, jednotlivé vodiče mají od sebe vzdálenost  $d_{xy}$ . Obdobně jako u odvození indukčnosti trojfázového vedení je uvažován časový okamžik, kdy ve vodiči 1 je proud maximální (amplituda). Pak pro elektrické náboje (15) platí:

$$Q = Q_1 ; Q_2 = Q_3 = -\frac{Q}{2} \quad (15)$$

Pro elektrický potenciál na povrchu vodiče 1 (16) platí vztah:

$$U_1 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{\rho_0}{r} - \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{\rho_0}{d_{12}} - \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{\rho_0}{d_{13}} = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot \ln \frac{\sqrt{d_{12} \cdot d_{13}}}{r} \quad (16)$$

Pro kapacitu vodiče 1 (17) pak platí:

$$C_1 = \frac{1}{18 \cdot \ln \frac{\sqrt{d_{12} \cdot d_{13}}}{r}} \quad (\mu\text{F} \cdot \text{km}^{-1}) \quad (17)$$

Obdobně jako u indukčnosti má každý vodič jinou kapacitu. U vedení se většinou uvádí střední kapacita vedení (18), která je dána aritmetickým průměrem kapacit jednotlivých vodičů.

$$C_{stř.} = \frac{1}{3} \cdot (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3) = \frac{1}{18 \cdot \ln \frac{\sqrt{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}}}{r}} = \frac{1}{18 \cdot \ln \frac{d_s}{r}} \quad (\mu\text{F} \cdot \text{km}^{-1}) \quad (18)$$

$$d_s = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}} \quad (19)$$

$d_s$ ... střední vzdálenost vodiče (19)

### Trojfázové vedení s uvažováním vlivu země

U tohoto případu je ještě nutno zadat výšku vodičů nad zemí (a, b, c) a vzdálenost vodičů od zrcadlových obrazů ( $D_{xy}$ ). Střední kapacita vodiče (20) je dána aritmetickým průměrem kapacit jednotlivých vodičů.

$$C_{stř.} = \frac{1}{3} \cdot (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3) = \frac{1}{18 \cdot \ln \frac{d_s \cdot 2 \cdot m}{r \cdot D_s}} = \frac{0,0242}{18 \cdot \ln \frac{d_s \cdot 2 \cdot m}{r \cdot D_s}} \quad (\mu F \cdot km^{-1}) \quad (20)$$

$$d_s = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}} \quad (21)$$

$$D_s = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} \quad (22)$$

$$m_s = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (23)$$

### Kapacita vedení se svazkovými vodiči

Pro kapacitu vedení se svazkovými vodiči platí stejné vztahy, které byly uvedeny s tím rozdílem, že místo poloměru vodiče  $r$  se dosazuje hodnota ekvivalentního poloměru svazku  $r_e$ .

### Kapacita kabelů

Obecně lze konstatovat, že kapacita kabelů je větší než kapacita venkovního vedení stejné napěťové hladiny a stejných přenosových schopností. Vzorce pro výpočet kapacity kabelů jsou složitější než u venkovního vedení a jsou závislé na typu kabelu. Pokud kapacitu kabelů neudává výrobce, je vhodné ji určit měřením.

### Měření kapacity

Kapacita (24) se určuje z měření tzv. nabíjecího proudu. Nabíjecí proud  $I_{NAB}$  je proud, který teče do vedení (kabelu) při stavu naprázdno. Kapacita je dána vztahem:

$$C = \frac{I_{NAB}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot l \cdot U_f \cdot 10^{-6}} \quad (\mu F \cdot km^{-1}) \quad (24)$$

$I_{NAB}$  ... nabíjecí proud (A)

$f$  ... kmitočet sítě (Hz)

$l$  ... délka vedení (km)

$U_f$  ... fázové napětí vedení (V)

### Svodová vodivost

Svod (svodová vodivost) je způsobena vodivostí izolátorů. Svod tedy závisí na kvalitě izolátorů, ale také na provozních a atmosférických podmínkách. Svod způsobuje činné ztráty (25) na vedení. Svod se také obvykle vyjadřuje v hodnotách svodových ztrát na kilometr vedení.

$$\Delta P_s = 3 \cdot U_f^2 \cdot G_s = U_f^2 \cdot G_s \quad (\text{W.km}^{-1}) \quad (25)$$

$\Delta P_s$  ... svodové ztráty ( $\text{W.km}^{-1}$ )

$U_f$  ... fázové napětí (V)

$U_s$  ... sdružené napětí (V)

$G_s$  ... svodová vodivost ( $\text{S.km}^{-1}$ )

### 2.2.2 Metody výpočtu

Je zde uvedena metoda pro výpočet ustáleného chodu sítě, díky výpočetní technice je tato metoda často používána viz. [3].

#### Newton - Raphsonova iterační metoda výpočtu ustáleného chodu

Je nutno řešit soustavu nelineárních rovnic:

$$f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_1$$

$$f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_2$$

$$f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_n$$

Nejdříve se provede odhad kořenů v nulté iteraci  $x_1^{(0)}, x_2^{(0)} \dots x_n^{(0)}$ .

Odhady kořenů se liší od jejich přesné hodnoty o  $\Delta x_1, \Delta x_2 \dots \Delta x_n$ .

Přesná hodnota kořenů je tedy (26):

$$x_1 = x_1^{(0)} + \Delta x_1; x_2 = x_2^{(0)} + \Delta x_2; \dots; x_n = x_n^{(0)} + \Delta x_n \quad (26)$$

Původní soustava rovnic se může přepsat do tvaru (27):

$$f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) = y_1 \quad (27)$$

$$f_n(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)} + \Delta x_2, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n) = y_n$$

Každou tuto rovnici lze rozepsat v Taylorovu řadu funkce více proměnných v bodě  $x_1^{(0)}$  (28).

$$f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|_0 \Delta x_1 + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_0 \Delta x_2 + \dots + \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right|_0 \Delta x_n + \phi_1 = y_1 \quad (28)$$

$\left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_0$  hodnota parciální derivace v bodě  $x_1^{(0)}$

$\phi$  funkce, která zahrnuje členy s vyššími mocninami  $\Delta x_1, \dots, \Delta x_n$  a druhé a vyšší derivace funkce  $f_1$ .

Analogicky se upraví i zbývající rovnice soustavy. Tím vznikne soustava lineárních rovnic (29) pro výpočet neznámých diferencí  $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ .

$$\begin{bmatrix} \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right|_0 & \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right|_0 & \dots & \left. \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right|_0 \\ \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right|_0 & \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right|_0 & & \left. \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \right|_0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left. \frac{\partial f_n}{\partial x_1} \right|_0 & \left. \frac{\partial f_n}{\partial x_2} \right|_0 & \dots & \left. \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right|_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta y_1^{(0)} \\ \Delta y_n^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta y_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$[J] \cdot [\Delta x] = [\Delta y] \quad (30)$$

$J$  je Jacobián (30)  $\rightarrow$  matice parciálních derivací.

Ze soustavy rovnic se vypočte vektor hledaných diferencí  $[\Delta x]$  a určí se nové opravené odhady kořenů (31):

$$x_i^{(1)} = x_i^{(0)} + \Delta x_i \quad (31)$$

pro  $i = 1, 2, \dots, n$

Vypočtené hodnoty diferencí  $\Delta x_i$  nejsou zcela přesné, neboť v Taylorově rozvoji se uvažovaly pouze první derivace.

Iterační proces lze napsat upravenou iterační rovnicí (32):

$$[\Delta x^{(1)}] = [J^{(k)}]^{-1} \cdot [\Delta y^k] \quad (32)$$

$$x_i^{(k-1)} = x_i^{(k)} + \Delta x_i^{(k)} \quad (33)$$

k je iterace.

Předpoklad: existují spojitě derivace  $\frac{\partial f_i}{\partial x_i}$  pro  $i, j = 1, 2 \dots n$  jednoznačnost řešení, konvergence iteračního postupu.

### 2.2.3 Výpočty ztrát

Tato část práce popisuje ztráty činného výkonu na vedení dle [4].

#### Ztráty činného výkonu při přenosu dvojbranem

K určení ztrát činného výkonu budeme vycházet z rozšířené základní rovnice pro ztráty (34):

$$\Delta P_z = P_1 - P_2 = \text{Re}(\mathbf{S}_1) - \text{Re}(\mathbf{S}_2) \quad (34)$$

Za předpokladu, že  $\mathbf{S}_1 = F_1(\mathbf{S}_2, \mathbf{U}_2)$  a  $\mathbf{S}_2 = F_2(\mathbf{S}_1, \mathbf{U}_1)$ . Za předpokladu, že známe poměry na jednom z konců vedení, můžeme ztráty určit dvěma způsoby (35), (36):

$$\Delta P_z = P_1 - \text{Re}(\mathbf{S}_2) = f_1(\mathbf{U}_1, \mathbf{S}_1) \quad (35)$$

$$\Delta P_z = \text{Re}(\mathbf{S}_1) - P_2 = f_2(\mathbf{U}_2, \mathbf{S}_2) \quad (36)$$

Kde podle známých výkonových rovnic a předpokladu ( $\mathbf{A} = \mathbf{D}$ ) platí:

$$S_1 = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1^* = A \cdot C^* \cdot U_2^2 + A^2 \cdot S_2 + B \cdot C^* \cdot S_2^* + B \cdot A^* \cdot \frac{S_2^2}{U_2^2} \quad (37)$$

$$S_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2^* = -A \cdot C^* \cdot U_1^2 + A^2 \cdot S_1 + B \cdot C^* \cdot S_1^* + B \cdot A^* \cdot \frac{S_1^2}{U_1^2} \quad (38)$$

Dosazením do vztahu (35) a úpravou dostaneme ztráty činného výkonu (39):

$$\Delta P_z = P_1 - Re(\mathbf{S}_2) \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_z = Re \left\{ [A \cdot C^* \cdot U_1^2] + \left[ P_1 \cdot (1 - A^2 - B \cdot C^*) + B \cdot A^* \cdot \frac{P_1^2}{U_1^2} \right] \right. \\ \left. + \left[ jQ_1(B \cdot C^* - A^2) + B \cdot A^* \cdot \frac{Q_1^2}{U_1^2} \right] \right\} \end{aligned} \quad (40)$$

$$\Delta P_z = Re(\mathbf{S}_1) - P_2 \quad (41)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_z = Re \left\{ [A \cdot C^* \cdot U_2^2] + \left[ P_2 \cdot (A^2 + B \cdot C^* - 1) + B \cdot A^* \cdot \frac{P_2^2}{U_2^2} \right] \right. \\ \left. + \left[ jQ_2(A^2 - B \cdot C^*) + B \cdot A^* \cdot \frac{Q_2^2}{U_2^2} \right] \right\} \end{aligned} \quad (42)$$

Rovnice (40) a (42) pro ztráty činného výkonu jsou na pravých stranách složeny ze tří členů v hranatých závorkách:

- první určuje ztráty naprázdno, je nezávislý na zatížení, ale proměnný s druhou mocninou napětí
- druhý člen je závislý lineárně a kvadraticky na činném výkonu, složka kvadratická závislá na činném výkonu závisí kvadraticky i na napětí
- třetí člen je obdobně závislý na výkonu jalovém

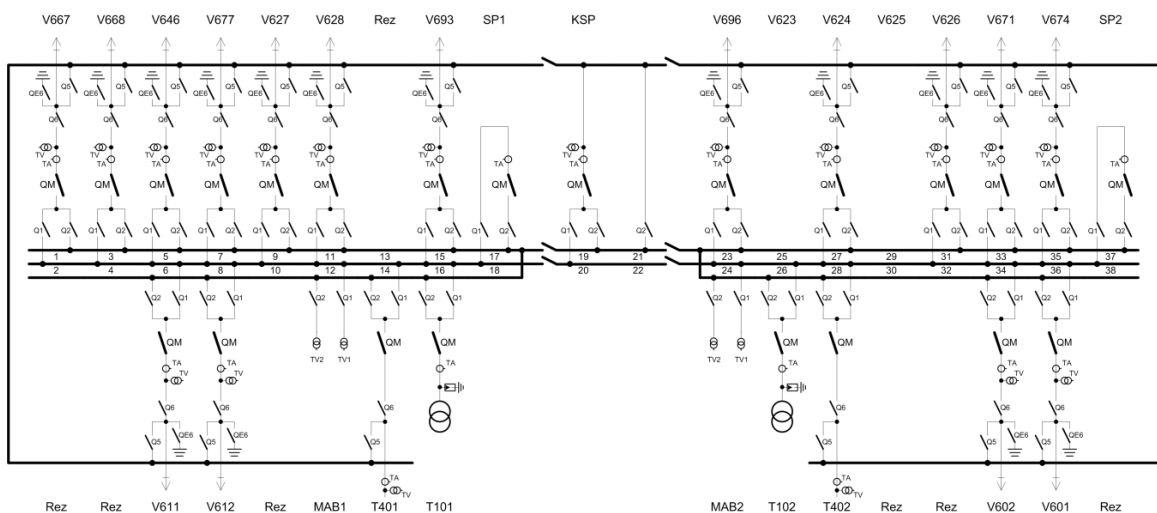
Při konstantních parametrech vedení, jsou ztráty činného výkonu (43) funkcí tří proměnných:

$$\Delta P_z = f_1(U_1, P_1, Q_1) \text{ nebo } \Delta P_z = f_2(U_2, P_2, Q_2) \quad (43)$$



### 3. Současný stav – zdůvodnění potřeby rekonstrukce rozvodny

Rozvodna Albrechtice je připojena k přenosové soustavě na hladinu napětí 400 kV pomocí dvou transformátorů (T401 a T402) přes které je napájena rozvodna 110 kV. Rozvodna je důležitým uzlem spojujícím rozvodny Vratimov a Lískovec. Dále pak rozvodny Havířov, Stonava, Ropice a Doubrava. Její další funkcí je odvádět výkon z třetího a čtvrtého bloku elektrárny Dětmarovice a z Teplárny Karviná.



Obr. č. 3.1: Jednopolové schéma rozvodny ve stávajícím stavu [5]

#### 3.1 Popis stávajícího stavu

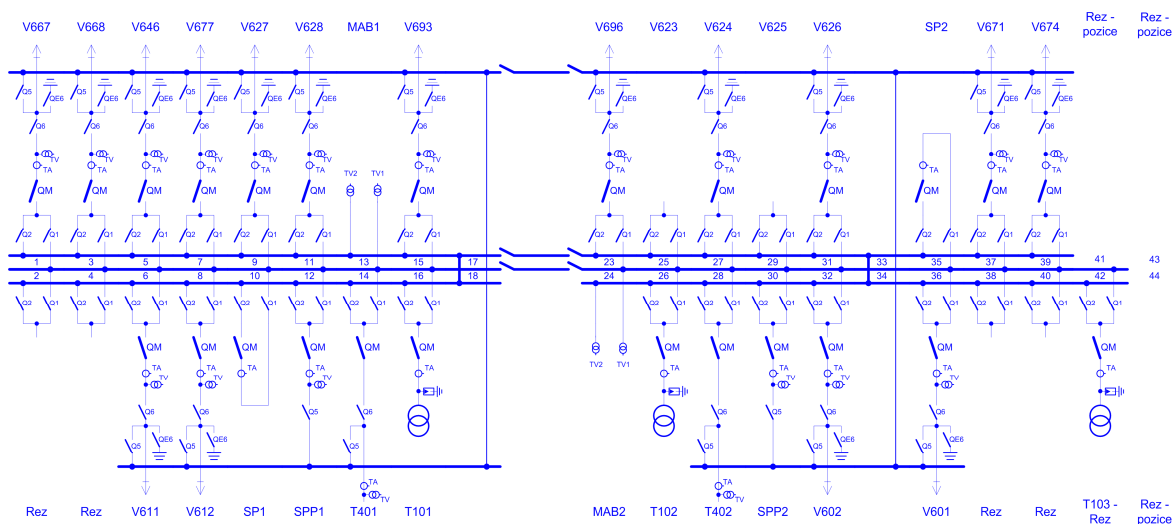
- Rozvodna 110 kV Albrechtice je provedena jako venkovní dvousystémová dvouřadá s pomocnou přípojnici a podélným dělením. Použité spínací přístroje jsou ovládány elektropohony. Ve vývodových polích vedení jsou instalovány tři PTN stejně jako v polích měření.
- Zkratová odolnost rozvodny je 20 kA.
- V rozvodně je hlavní kabelový kanál, který je průchozí. Kabelové kanálky v polích jsou přístupné pouze shora. Pod BSP je veden i hlavní kanál do rozvodny 400 kV.
- Přípojnice jsou provedeny jako lanové na závěsných izolátorech lany AlFe 750 mm<sup>2</sup>.

V současné době pracuje rozvodna Albrechtice na hranici jejích provozních možností a pro plánované připojení dalších zdrojů elektrické energie je nutná její rekonstrukce. Plánovaná rekonstrukce zvýší zkratovou odolnost rozvodny z 20kA na 40kA. Při zvýšení zkratové odolnosti

budou do rozvodny připojeny dva nové transformátory 400/110 kV o výkonu 350 MVA. Díky této rekonstrukci bude možné k rozvodně Albrechtice připojit další zdroje elektrické energie a tím vytvořit předpoklady k rozvoji DS v této oblasti.

### 3.2 Popis nového stavu

V novém stavu zůstane na žádost investora zachováno uspořádání rozvodny jako dvousystémová dvouřadá s pomocnou přípojnící a podélným dělením. Rozvodna bude rekonstruována ve stávajícím rozsahu zařízení. Bude zrušeno pole s kombinovaným spínačem přípojníc (KSP) a doplněna pole spínačů pomocných přípojníc jedna (SPP1) a dva (SPP2). Dále pak budou připraveny rezervní pozice v polích č. 41, 43 a 44, které nebudou vybaveny přístroji. Jednopolové schéma rozvodny po rekonstrukci je uvedeno na obr. č. 3.2.



Obr. č. 3.2: Jednopolové schéma rozvodny po rekonstrukci [5]

- Parametry rozvodny 110 kV:

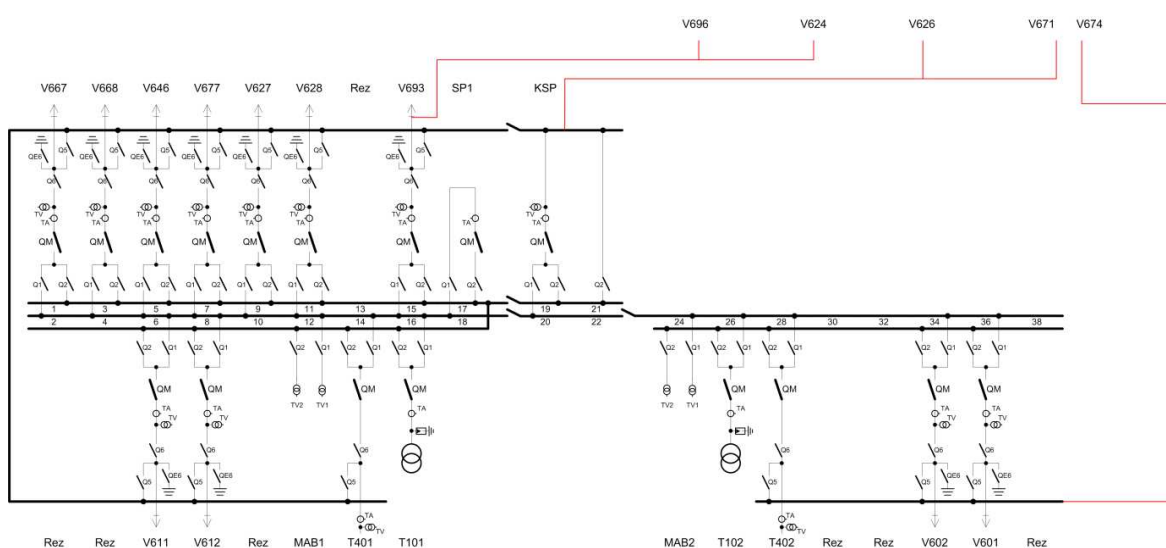
Jmenovité napětí	110 000 V
Nejvyšší napětí	123 000 V
Jmenovitý kmitočet	50 Hz
Počet fází	3
Spojení nulového uzlu se zemí	TT (přímo uzemněný uzel)
Zkratová odolnost	40 kA
Jmenovitý proud přípojníc	3 150 A

## 4. Variantní návrh postupu rekonstrukce

Rekonstrukcí projde celá rozvodna 110 kV včetně přípojníc. Budou vyměněny všechny HOK a POK. Staré lanové přípojnice budou nahrazeny trubkovými. Po rekonstrukci bude rozvodna mít rezervní pole pro nová vedení 110 kV a výhledově i pro dva vývody na HDO 110 kV. Nově budou vybudovány vnitřní komunikace, kabelovody, uzemnění, osvětlení a bude nově vybudována část vnějšího oplocení. Dále bude přemístěn koncový stožár vedení V671 a 674. V rámci rekonstrukce rozvodny bude nutné přeložit část vysokotlakého plynovodu, který se nachází v těsné blízkosti rozvodny 110 kV.

### 4.1 Varianta č. 1 - Rekonstrukce jedné poloviny rozvodny a poté druhé

Při popisu této varianty je nutné rozvodu rozdělit do několika částí. První sekce je složena z polí č. 1-18 popř. modulů č. K1-K3 a druhá sekce z polí č. 23-38 popř. modulů č. K4-K6. Dále je zde část KSP obsahující kombinovaný spínač pomocných přípojníc v polích č. 19-22.



Obr. č. 4.1.1: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu první etapy rekonstrukce

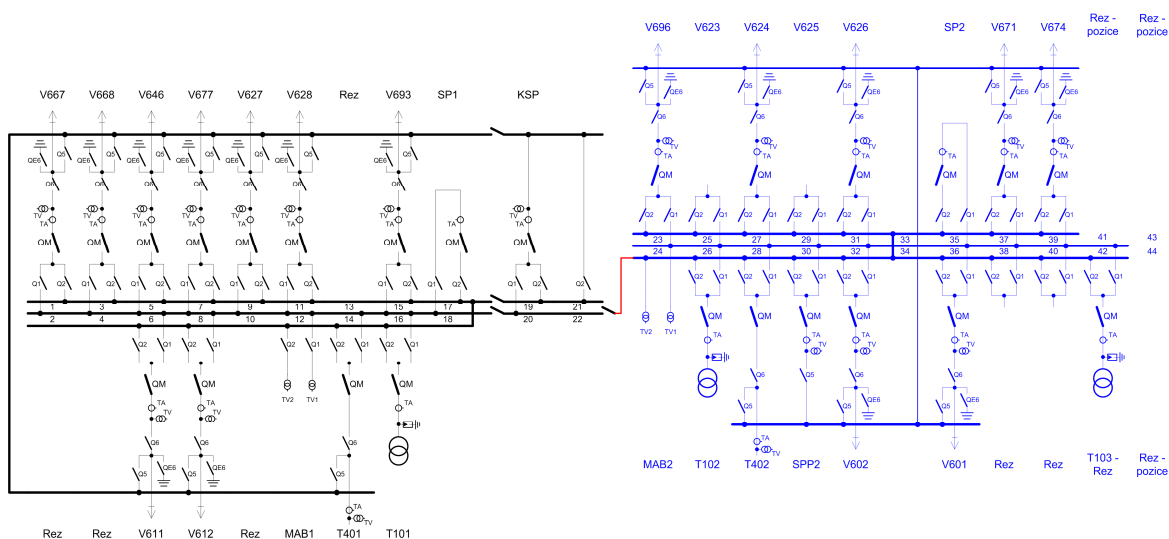
#### 1. Etapa

Budou odpojena vedení v horních polích druhé sekce a to jsou tato: V674, V671, V626, V624, V696. Dále pak bude mimo provoz spojka SP2, jedna hlavní přípojnice W22 a část pomocné přípojnice P2. Vedení V674 se připojí bypassem na pomocnou přípojnici P2 v poli č. 36. Bypass se spojí vedení V671, V626 a připojí ke KSP. Na lince se provede přímé propojení vedení V693 a V696, toto propojení se dále spojí s vedením V624. Po těchto přepojeních bude možné započít

s demontáží polí v horní části druhé sekce včetně hlavní přípojnice W22. Po ukončení demontážních prací se začne s výstavbou celé nové části první sekce. Jednopolové schéma rozvodny v první etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.1.1.

## 2. Etapa

V tomto kroku už bude dokončena výstavba celé druhé sekce rozvodny, do které budou přepojena zpět vedení: V674, V671, V626, V624, V696. Dále budou odpojena vedení V601, V602 a transformátory T402, T102. Demontují se stávající přípojnice ve spodní části druhé sekce. Provede se přepojení vedení V601, V602 a transformátorů T402, T102 do nové části rozvodny. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.1.2.

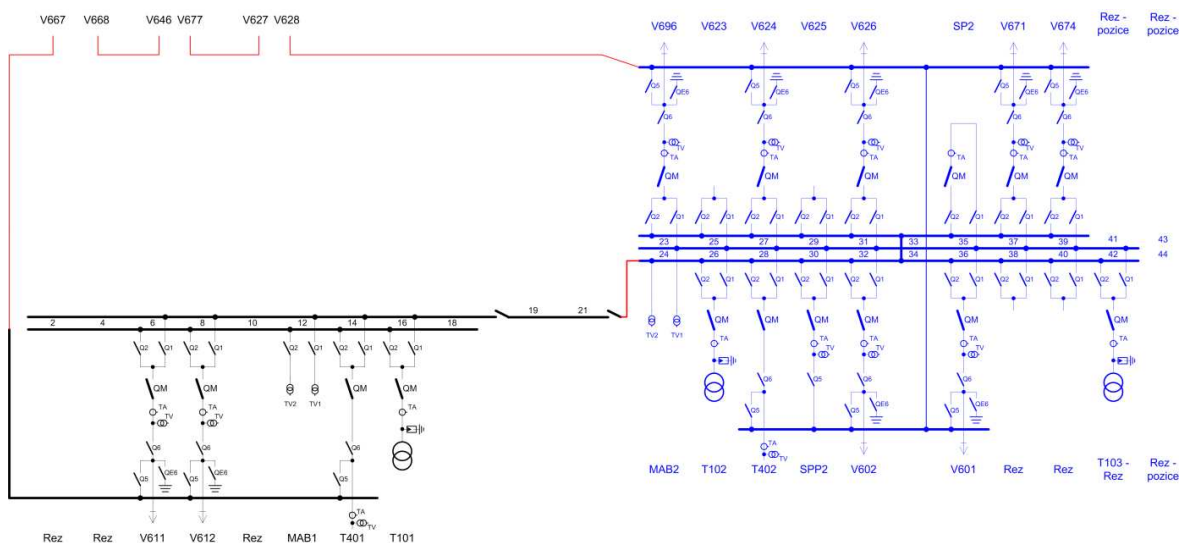


Obr. č. 4.1.2: Jednopolové schéma rozvodny po druhé etapě rekonstrukce

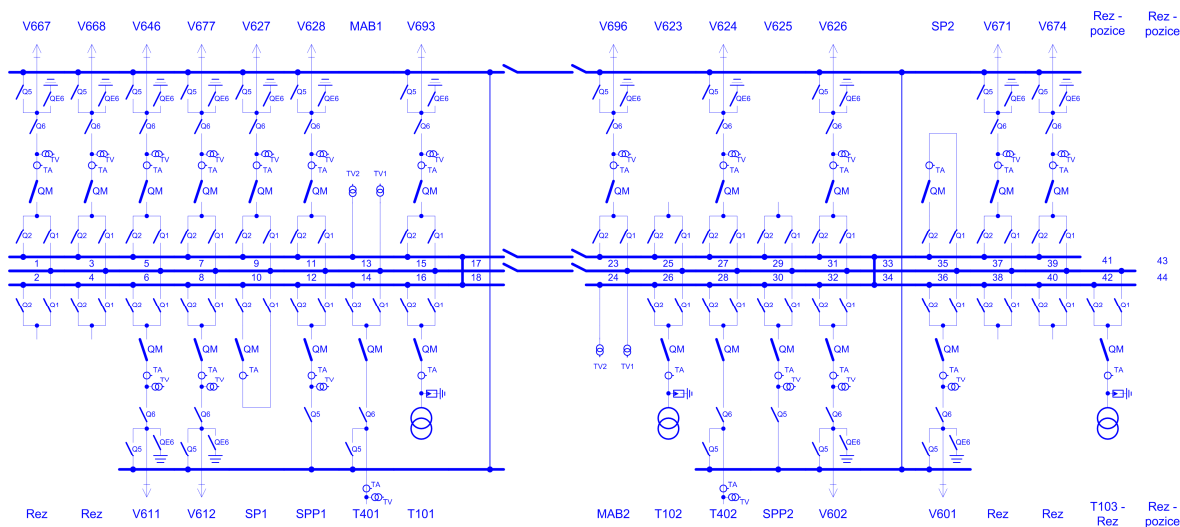
## 3. Etapa

Rekonstrukce horních polí první sekce postihne tato vedení: V693, V628, V627, V677, V646, V668, V667 a také bude mimo provoz spojka SP1, jedna hlavní přípojnice W11 a část pomocné přípojnice P1. Dále se odpojí horní pole KSP. A dojde k provizornímu propojení první sekce s druhou pomocí jedné přípojnice v dolním poli KSP. Vedení V693 bude úplně odpojeno. Provede se bypass vedení V628 s pomocnou přípojnicí P2 v druhé sekci rozvodny, toto vedení bude napájet vedení V627 přes rozvodnu Stonava. Vedení V627 se vzájemně propojí s vedením V677. Toto vedení V677 bude napájet vedení V646 přes rozvodnu Vratimov. Dále se propojí vodiči vedení V646 s V668. V rozvodně Havířov bude připraven materiál pro spojení vedení V668 a V667, tento zákrok by si vynutit výluku na těchto vedeních. Vedení V667 bude připojeno na pomocnou přípojnicí P1 v první sekci rozvodny. Po těchto přípravách může být

zahájena demontáž horních polí první sekce a části hlavní přípojnice. Jako další krok je stavba nové první sekce. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.1.3.



Obr. č. 4.1.3: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu třetí etapy rekonstrukce



Obr. č. 4.1.4: Jednopolové schéma rozvodny po čtvrté etapě rekonstrukce

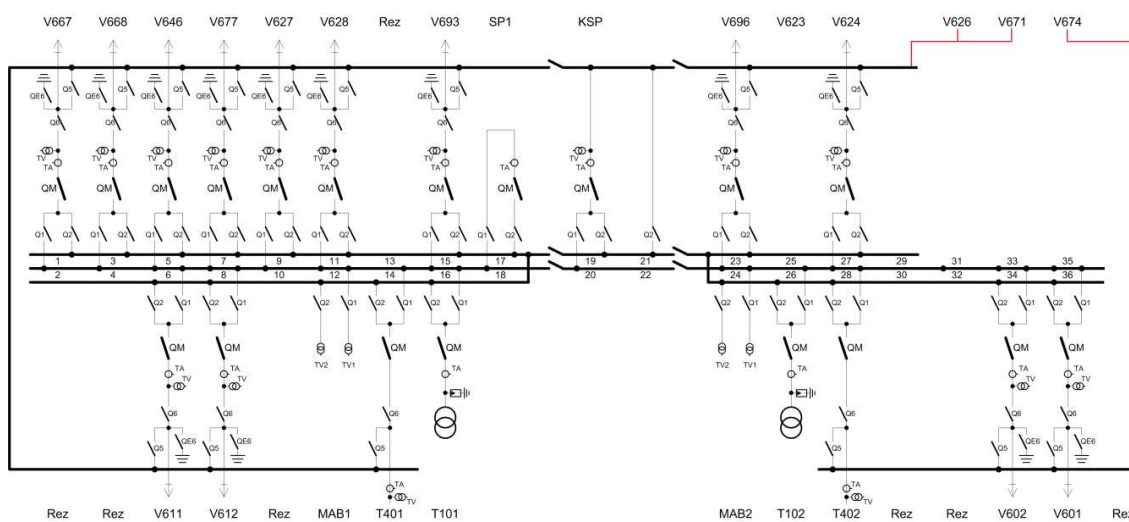
#### 4. Etapa

Zde je dokončena výstavba nové první sekce, do které budou připojena vedení: V693, V628, V627, V677, V646, V668, V667. Odpojí se vedení V611, V612 a transformátory T401, T101. Demontují se stávající přípojnice ve spodní části první sekce. Provede se přepojení vedení V611, V612 a transformátorů T401, T101 do nové části rozvodny. Jednopolové schéma rozvodny po této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.1.4.

Použití bypassu je nutné v první etapě rekonstrukce z důvodu dodržení kritéria N-1. Proto je bypassem spojeno vedení V674 s pomocnou přípojnici P2 a dále pak vedení V671 s V626 zapojené do pole KSP. Vedení V626 odvádí výkon z teplárny Karviná a není zde jiná možnost napájení při jeho odpojení. Další bypass bude postaven v třetí etapě rekonstrukce. A to pro spojení vedení V628 s pomocnou přípojnici P2 v druhé sekci rozvodny, toto vedení není možné nahradit jiným na hladině 110kV pro napájení rozvodny Stonava. Jako poslední se provede spojení bypassem mezi vedením V667 a pomocnou přípojnici první sekce P1. Vedení V667 napájí rozvodnu Havířov a není ho možné odpojit a nahradit jiným vedením na hladině 110kV.

## 4.2 Varianta č. 2 - Výměna po dvou a jednom modulu

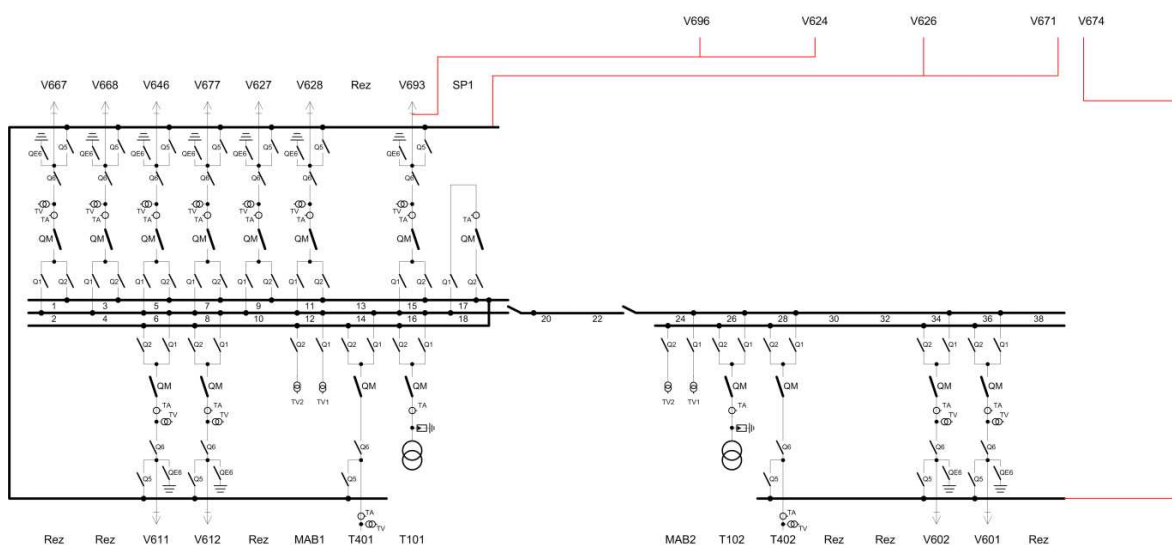
V této variantě rekonstrukce se bude postupovat po dvou modulech a následně jednom. Každý modul obsahuje 6 polí. Při rekonstrukci budou nejprve odpojena pouze horní pole a následně dolní dle daných etap rekonstrukce, a to z důvodu stálého připojení transformátorů 400/110kV a použití některých odboček pro napájení bypassů při rekonstrukci polí obsahujících spínače pomocných přípojníc.



Obr. č. 4.2.1: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu první etapy rekonstrukce

### 1. Etapa

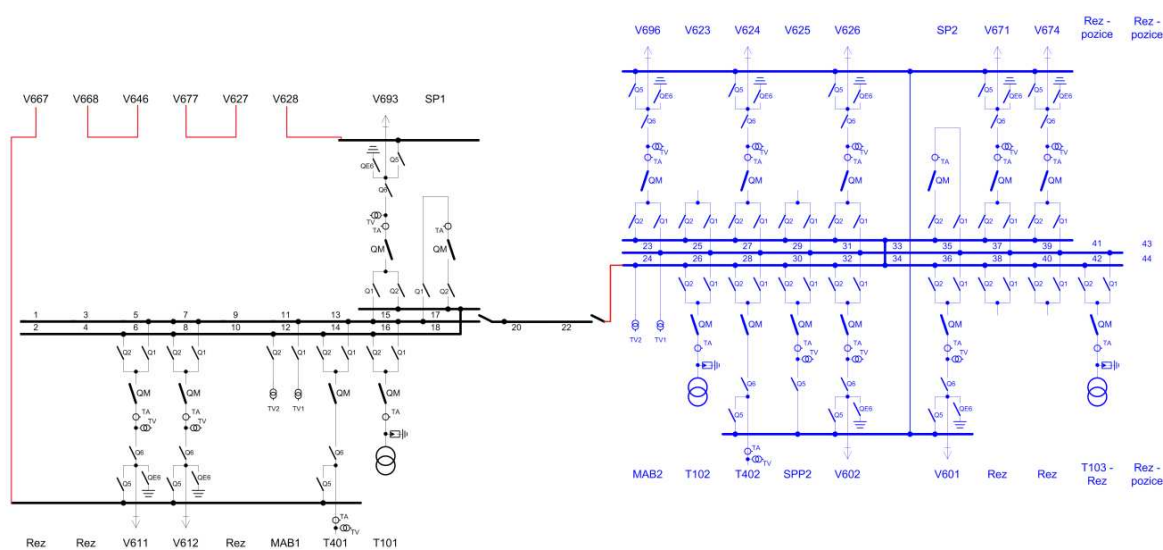
Rekonstrukce si vynutí náhradní přepojení těchto vedení: V674, V671, V626. Vedení V674 bude spojeno s pomocnou přípojnici P2. Dále se provede spojení bypassem vedení V671 a V626. Po těchto přípravách je možné demontovat horní pole v modulech K6, K5 a zároveň část hlavní a pomocné přípojnice. Po demontáži budou vystaveny nové moduly K6 a K5.



Obr. č. 4.2.2: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu druhé etapy rekonstrukce

## 2. Etapa

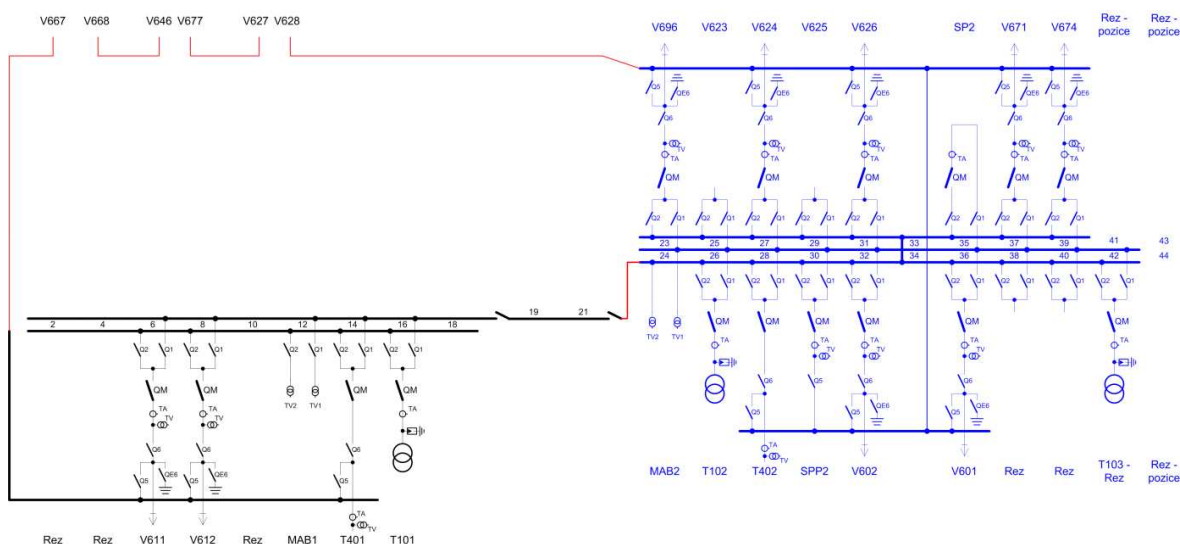
Budou odpojena vedení V624, V696 a stále přepojena vedení V626, V671, V674. Vedení V696 se propojí s vedením V624 přímo na lince a tento spoj se připojí na vedení V693. Teď je možné demontovat horní pole modulu K4 a KSP. Dalším krokem bude dostavba kompletní druhé sekce a postupné připojení vedení: V674, V671, V626, V624, V696. Nakonec budou odpojena vedení V601, V602 a transformátory T402, T102 na dobu jejich přepojení do nové části rozvodny. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.2.2.



Obr. č. 4.2.3: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu třetí etapy rekonstrukce

### 3. Etapa

Nyní je hotová kompletní rekonstrukce druhé sekce rozvodny. Dojde k provizornímu propojení první sekce s druhou pomocí jedné přípojnice v KSP. V této fázi rekonstrukce dojde k odpojení vedení: V667, V668, V646, V677, V627, V628. Vedení V628 bude zapojeno na pomocnou přípojnicí v poli č. 15 a napájet vedení V627 přes rozvodnu Stonava. Vedení V627 se vzájemně propojí s vedením V677. Toto vedení V677 bude napájet vedení V646 přes rozvodnu Vratimov. Dále se propojí vodiči vedení V646 s V668. Poslední zásah se provede na vedení V667, které bude připojeno na pomocnou přípojnicí P1 v první sekci rozvodny. Nyní je možné demontovat horní pole v modulech K1, K2 a část hlavní a pomocné přípojnice. Po demontáži začne výstavba kompletních modulů K1, K2. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.2.3.



Obr. 4.2.4: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu čtvrté etapy rekonstrukce

### 4. Etapa

Stále zůstanou přepojena vedení: V667, V668, V646, V677, V627, V628. Bude úplně odpojeno vedení V693, což si vyžádá snížení výkonu na jednom bloku elektrárny Dětmárovice. Po této úpravě je možné provést demontáž horních polí v modulu K3 a následně dostavit celou novou část první sekce. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.2.4.



## 5. Etapa

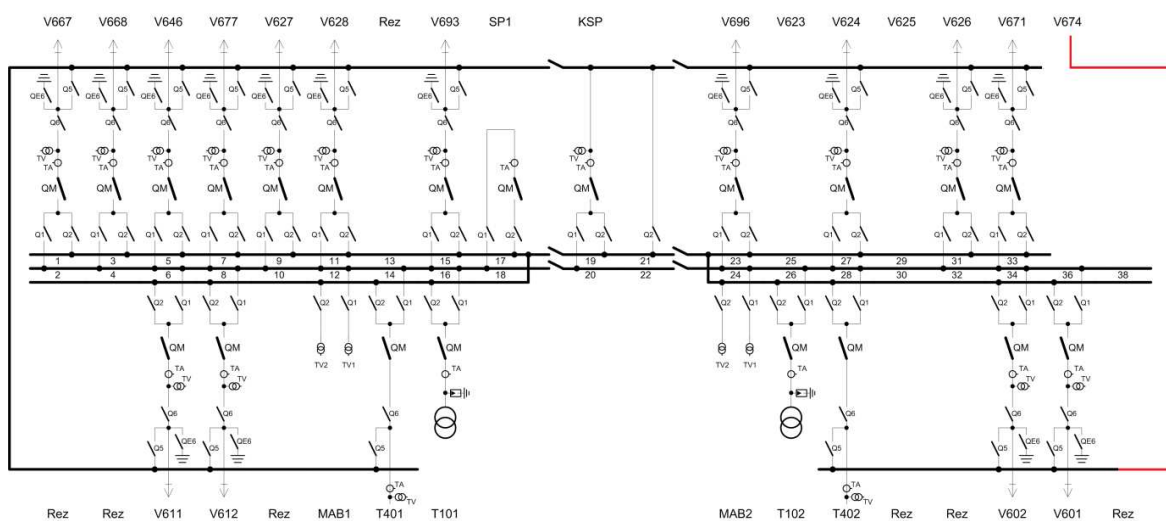
Do hotové první sekce rozvodny se přepojí vedení: V667, V668, V646, V677, V627, V628, V693. Odpojí se vedení V611, V612 a transformátory T401, T101. Demontují se stávající přípojnice ve spodní části první sekce. Provede se přepojení vedení V611, V612 a transformátorů T401, T101 do nové části rozvodny.

## 4.3 Varianta č. 3 - Výměna po jednom modulu

Při této variantě rekonstrukce se budou odpojovat vedení po jednotlivých modulech. Nejprve se budou přepojovat vedení, která jsou zapojena v horních polích. Tyto zásahy jsou popsány v jednotlivých etapách uvedených níže.

### 1. Etapa

V této etapě bude odpojeno vedení V674 a pole SP2. Vedení V674 bude spojeno bypassem s pomocnou přípojnici P2. Po tomto přepojení bude možná demontáž pole č. 35 a 38 a výstavba nového modulu K6. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.1.



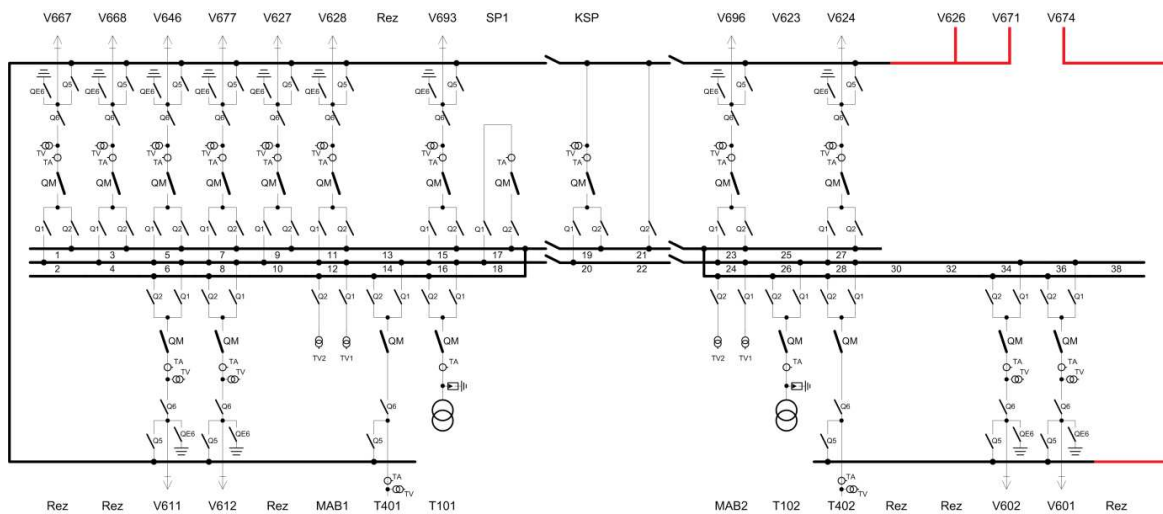
Obr. č. 4.3.1: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu první etapy rekonstrukce

### 2. Etapa

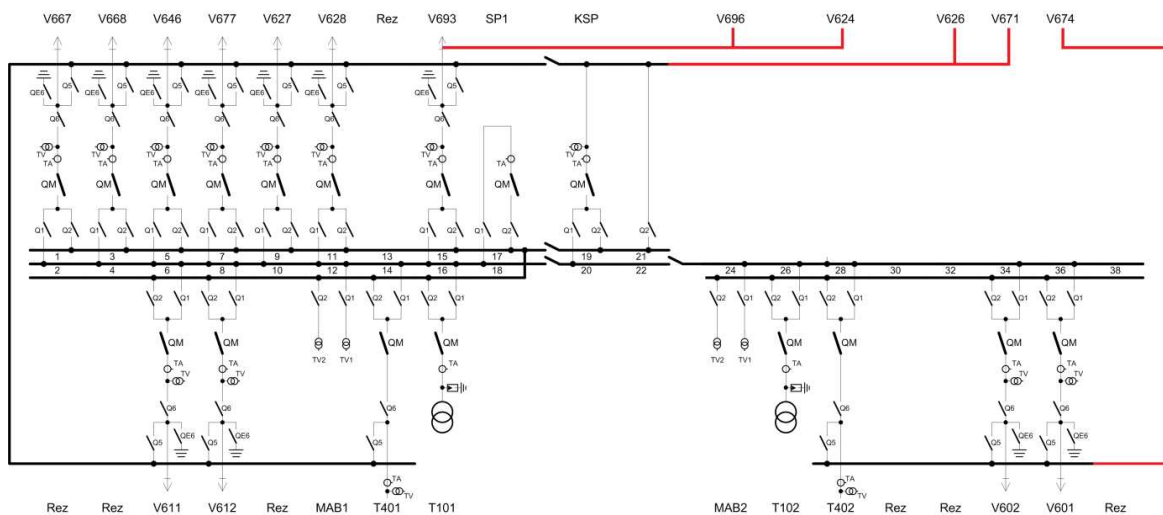
Zůstane přepojeno vedení V674 a dále budou odpojována vedení: V626 a V671. Vedení V671 bude spojeno s vedením V626 bypassem. Poté je možné zahájit demontáž stávajících polí a vybudovat nový modul K5. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.2.

### 3. Etapa

Vedení odpojená při rekonstrukci modulů K5 a K6 zůstanou stále přepojena a další zásahy se provedou na vedeních V624 a V696. Provede se spojení vedení V696 s V624 a přímo na lince se zapojí do pole č. 15 a vedení V671, V626 budou zapojena do pole KSP. Nyní je možné demontovat horní pole modulu K4 a postavit nový. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.3.



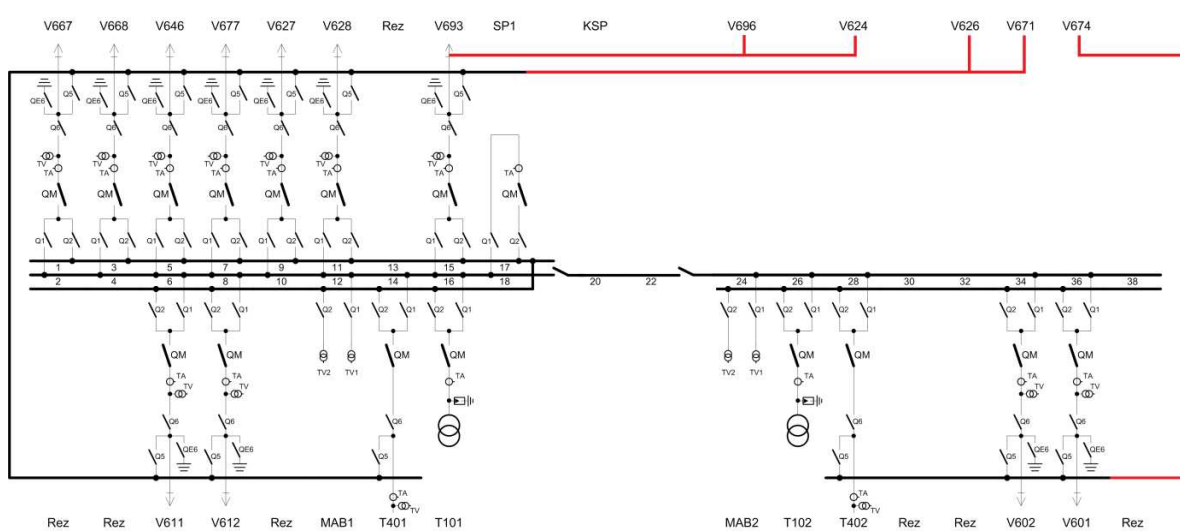
Obr. č. 4.3.2: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu druhé etapy rekonstrukce



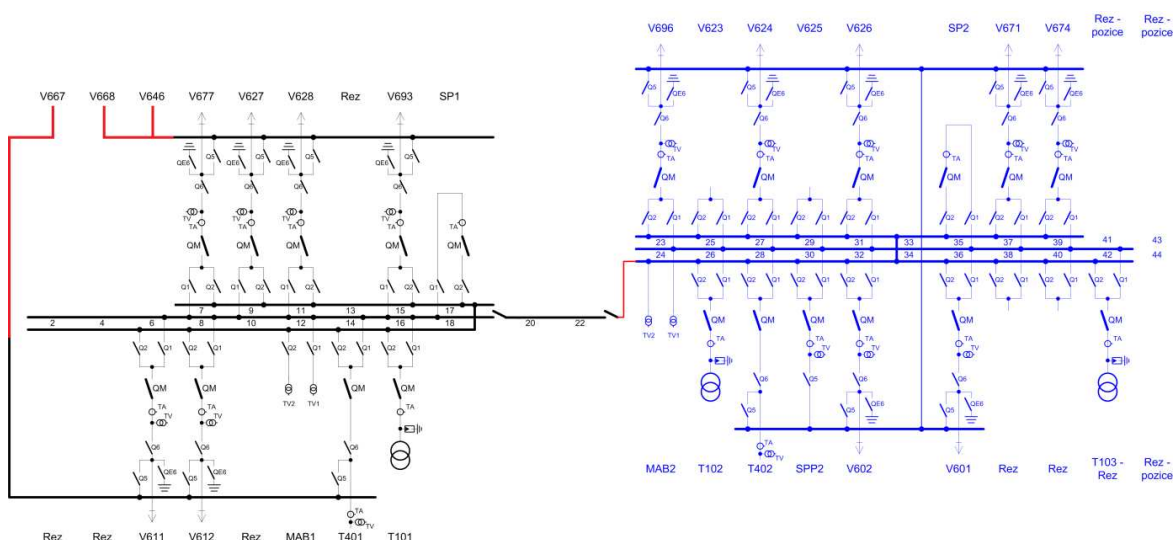
Obr. č. 4.3.3: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu třetí etapy rekonstrukce

#### 4. Etapa

Zůstanou přepojena vedení modulů K4, K5, K6. Spojená vedení V624, V696 zůstanou přepojena v poli č. 15. Vedení V626 a V671 budou přepojena na pomocnou přípojnici P1. Poté je možné demontovat horní pole KSP. Nyní je hotová rekonstrukce jedné poloviny rozvodny a do nových polí budou přepojena vedení: V674, V671, V626, V624, V696. Také dojde k přepojení vedení a transformátorů připojených v dolních polích modulů K4, K5 a K6. Po dobu nutnou na přepojení bude na těchto prvcích výluka. Jsou to vedení V601, V602 a transformátory T102, T402. Po těchto zákrocích bude možné demontovat zbylé HOK a POK. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.4.



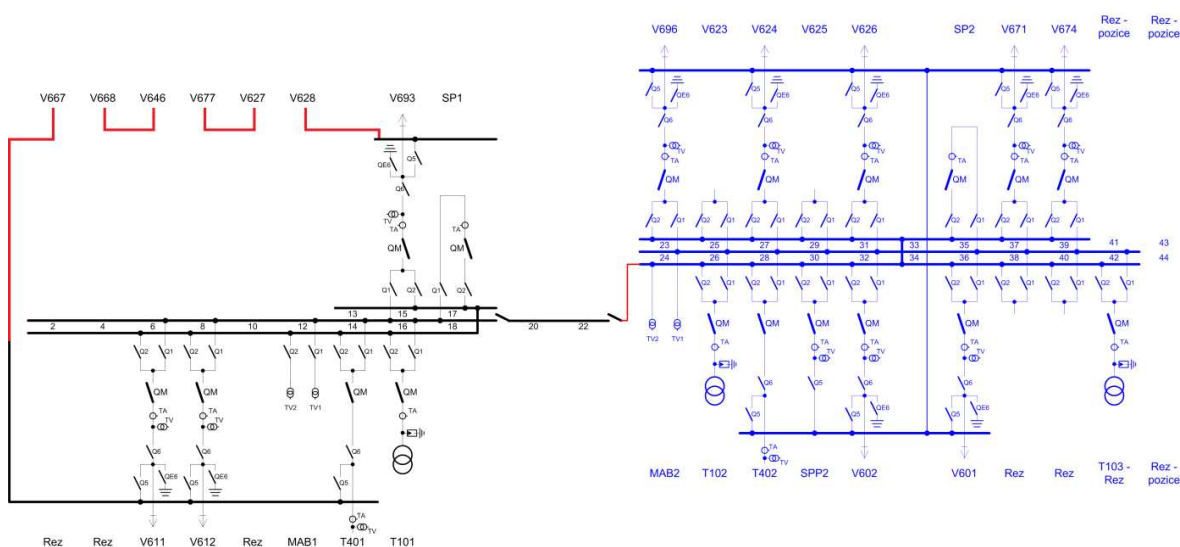
Obr. č. 4.3.4: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu čtvrté etapy rekonstrukce



Obr. č. 4.3.5: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu páté etapy rekonstrukce

## 5. Etapa

Nyní je hotová kompletní rekonstrukce druhé sekce rozvodny. Dojde k provizornímu propojení první sekce s druhou pomocí jedné přípojnice v KSP. Dále budou odpojena vedení: V667, V668, V646 a část pomocné přípojnice P1. Vedení V667 do rozvodny Havířov bude připojeno na bypass napájený z pomocné přípojnice P1. Další vedení V668 napájející rozvodnu Havířov a vedení V646 do rozvodny Vratimov bude připojeno na bypass napájený z pole č. 7. Nyní je možné provést demontáž horních polí v modulu K1 a výstavba nového. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.5.



Obr. č. 4.3.6: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu šesté etapy rekonstrukce

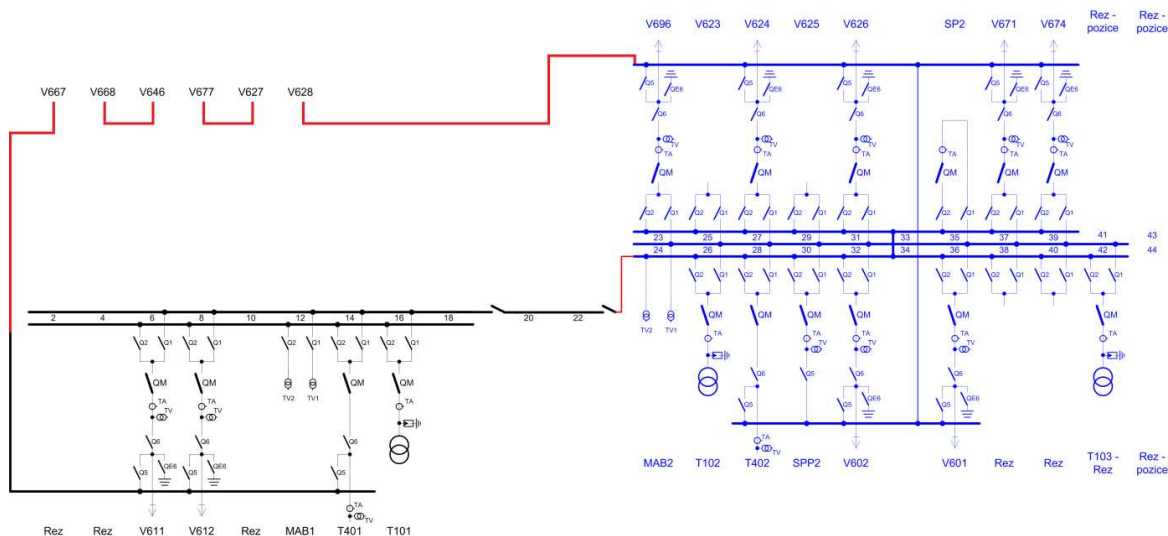
## 6. Etapa

Stále budou přepojena vedení z horních polí modulu K1 a zároveň budou odpojena vedení: V667, V627, V628. Vedení V628 bude zapojeno na pomocnou přípojnicí v poli č. 15 a bude napájet vedení V627 přes rozvodnu Stonava. Vedení V627 se vzájemně propojí s vedením V677. Toto vedení V677 bude napájet vedení V646 přes rozvodnu Vratimov. Po těchto zákrocích může začít demontáž a následná výstavba nového modulu K2. Schéma rozvodny v průběhu šesté etapy je na obr. č. 4.3.6.

## 7. Etapa

Stále zůstanou přepojena vedení: V667, V668, V646, V677, V627, V628. Bude úplně odpojeno vedení V693, což si vyžádá snížení výkonu na jednom bloku elektrárny Dětmárovice. A vedení V628 bude přepojeno na pomocnou přípojnicí P2 v druhé sekci. Po této úpravě je možné

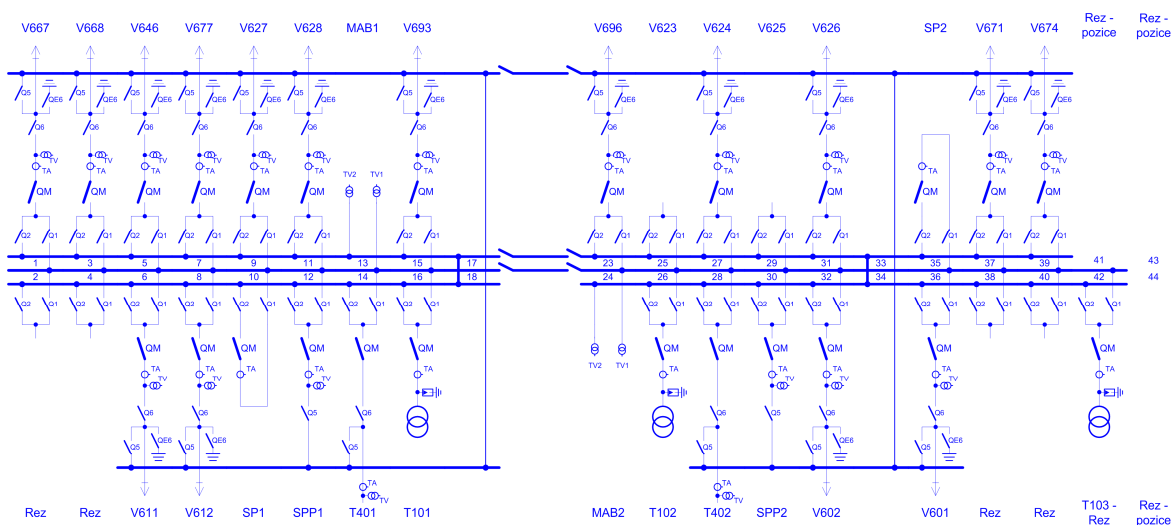
provést demontáž horních polí v modulu K3 a následně dokončit výstavbu celé nové části první sekce. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.7.



Obr. č. 4.3.7: Jednopolové schéma rozvodny v průběhu sedmé etapy rekonstrukce

## 8. Etapa

Do hotové první sekce rozvodny se přepojí vedení: V667, V668, V646, V677, V627, V628, V693. Odpojí se vedení V611, V612 a transformátory T401, T101. Demontují se stávající přípojnice ve spodní části první sekce. Provede se přepojení vedení V611, V612 a transformátorů T401, T101 do nové části rozvodny. Po těchto zákrocích bude možné demontovat zbylé HOK a POK. Jednopolové schéma rozvodny v této etapě rekonstrukce je uvedeno na obr. č. 4.3.8.



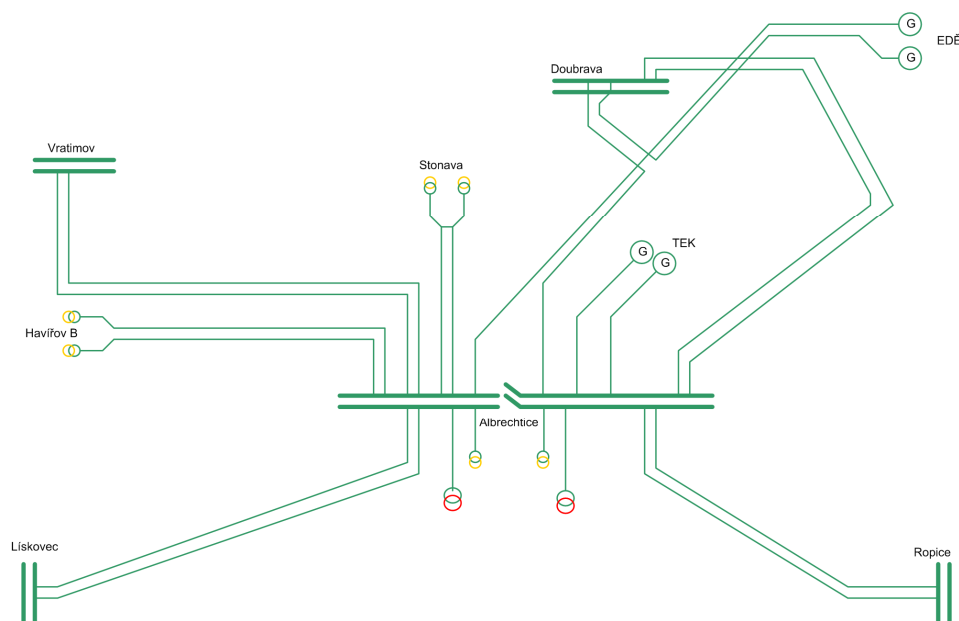
Obr. č. 4.3.8: Jednopolové schéma rozvodny po skončení osmé etapy rekonstrukce

## 5. Výběr vhodné varianty s ohledem na zabezpečení DS 110kV v době rekonstrukce a technickou proveditelnost navržené varianty

Pro rekonstrukci rozvodny 110 kV Albrechtice byla vybrána varianta číslo jedna, což je rekonstrukce po jednotlivých sekcích rozvodny. Tato varianta je méně časově náročná a to díky rekonstrukci po celých sekcích, kde není potřeba rozdělit stejný počet přepojení do více etap je také lépe technicky proveditelná a to z důvodu menšího počtu etap a menšího počtu zásadních zásahů do distribuční sítě. Co se týče zabezpečení sítě, tak pro téměř všechny uzly napájené z rozvodny Albrechtice bude platit pravidlo N-1. Výjimku tvoří rozvodna Havířov, kde není možné propojit vedení V667 a V668 bez výluky na těchto vedeních. Na této rozvodně bude připraven materiál a přístroje potřebné k tomuto propojení při možné poruše na jednom z těchto vedení. Nevýhoda této varianty je delší trvání vynuceného snížení výkonu třetího bloku elektrárny Dětmarovice.

## 6. Nutné úpravy v DS 110kV před započatím rekonstrukce

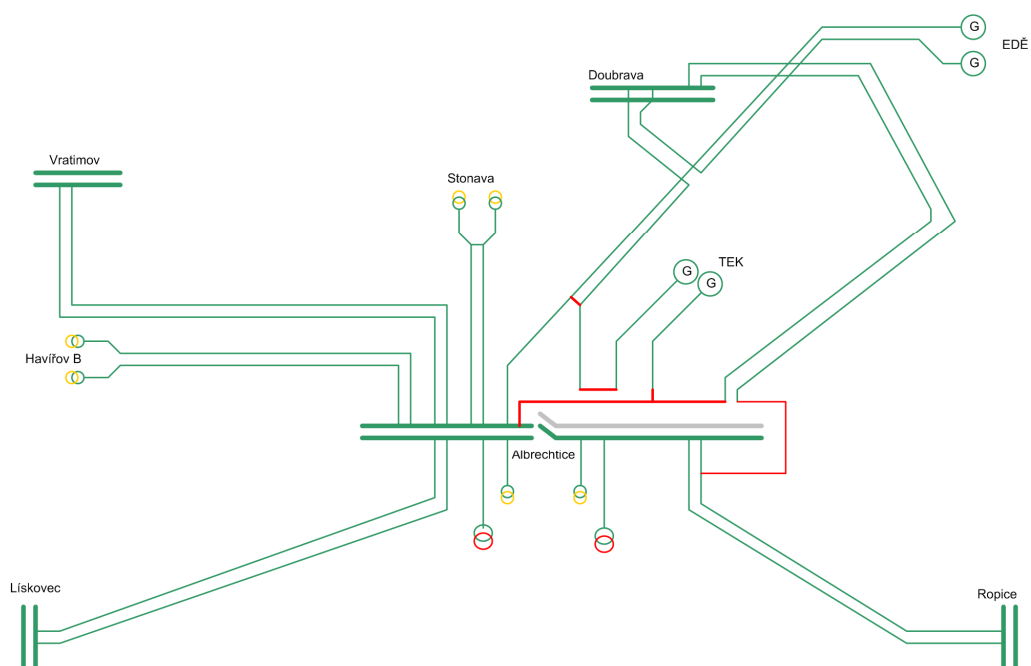
Před zahájením jednotlivých etap rekonstrukce rozvodny Albrechtice je nutné v distribuční síti provést několik zákroků. Tyto zákroky budou provedeny na okolních rozvodnách. Na obr. č. 6.1 je znázorněna distribuční síť 110 kV.



Obr. č. 6.1: Provozní stav sítě 110 kV před zahájením rekonstrukce

## 1. Etapa

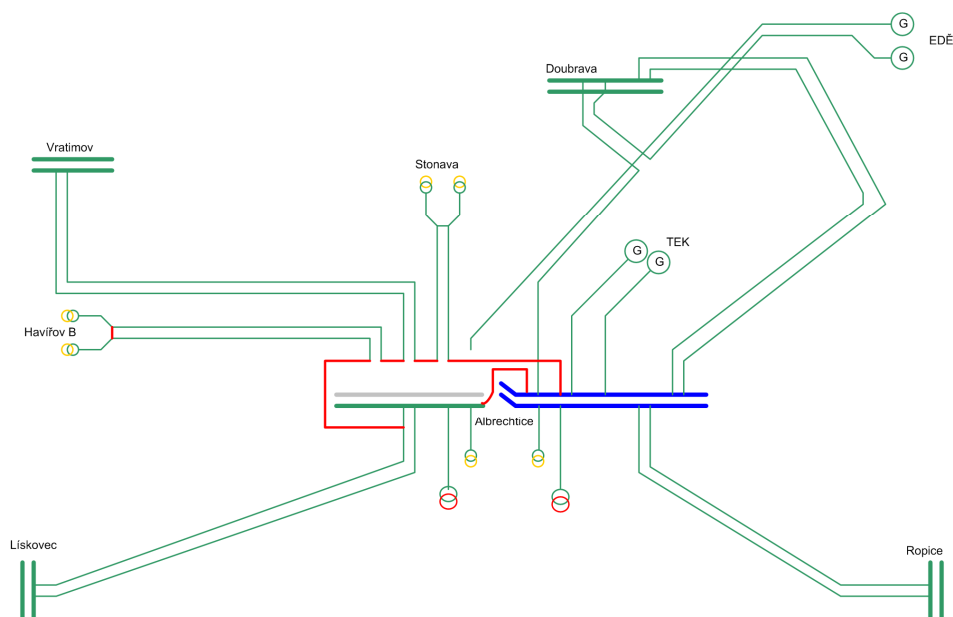
V rozvodně Doubrava budou sepnutím přípojnice spojena vedení V674 a V671 až do konce rekonstrukce této etapy. Schéma distribuční sítě je na obr. č. 6.2.



Obr. č. 6.2: Provozní stav sítí 110 kV v průběhu první etapy rekonstrukce

## 2. Etapa

Odstavení transformátorů T402, T102 a vedení V601 a V602 jen na několik dní nutných pro přepojení do nové části rozvodny.



Obr. č. 6.3: Provozní stav sítí 110 kV v průběhu třetí etapy rekonstrukce.

### 3. Etapa

Odpojení vedení V693 omezí provoz třetího bloku v elektrárně Dětmárovice. V rozvodně Stonava se po sepnutí přípojnice spojí vedení V667 a V646. To samé se provede v rozvodně Vratimov na vedeních V677 a V646. V rozvodně Havířov bude připraven materiál a zařízení pro případné spojení vedení V667 a V668. Takto bude síť zapojena po celou etapu rekonstrukce. Schéma distribuční sítě 110 kV je uvedeno na obr. č. 6.3.

### 4. Etapa

Odstavení transformátorů T401, T101 a vedení V611 a V612 jen na několik dní nutných pro přepojení do nové části rozvodny. Na konci této etapy bude schéma sítě stejné jako před začátkem rekonstrukce.

## **7. Dopad na výrobní elektriny a zařízení provozovatele přenosové soustavy v době provádění rekonstrukce**

Při rekonstrukci rozvodny je snaha co nejvíce eliminovat dopady na přenosovou soustavu. Na vedení přenosové soustavy rekonstrukce nebude mít žádný vliv. Rekonstrukce postihne pouze transformátory 400/110 kV. V první etapě rekonstrukce bude odpojen transformátor T402 umístěný v druhé sekci rozvodny jen na dobu nutnou pro přepojení do nového pole. Ve třetí etapě rekonstrukce bude odpojen transformátor T401, také po dobu přepojení do nového pole.

## **8. Dopad na výrobní elektriny a zařízení provozovatele distribuční soustavy v době provádění rekonstrukce**

Při rekonstrukci rozvodny 110 kV bude omezena výroba elektrické energie v elektrárně Dětmárovice. V první etapě rekonstrukce bude odpojeno vedení V696, tímto zásahem bude omezen čtvrtý blok. Třetí blok elektrárny Dětmárovice bude omezen v třetí etapě rekonstrukce po odpojení vedení V693. Další výrobu elektrické energie, kterou je Teplárna Karviná tato rekonstrukce neomezí.



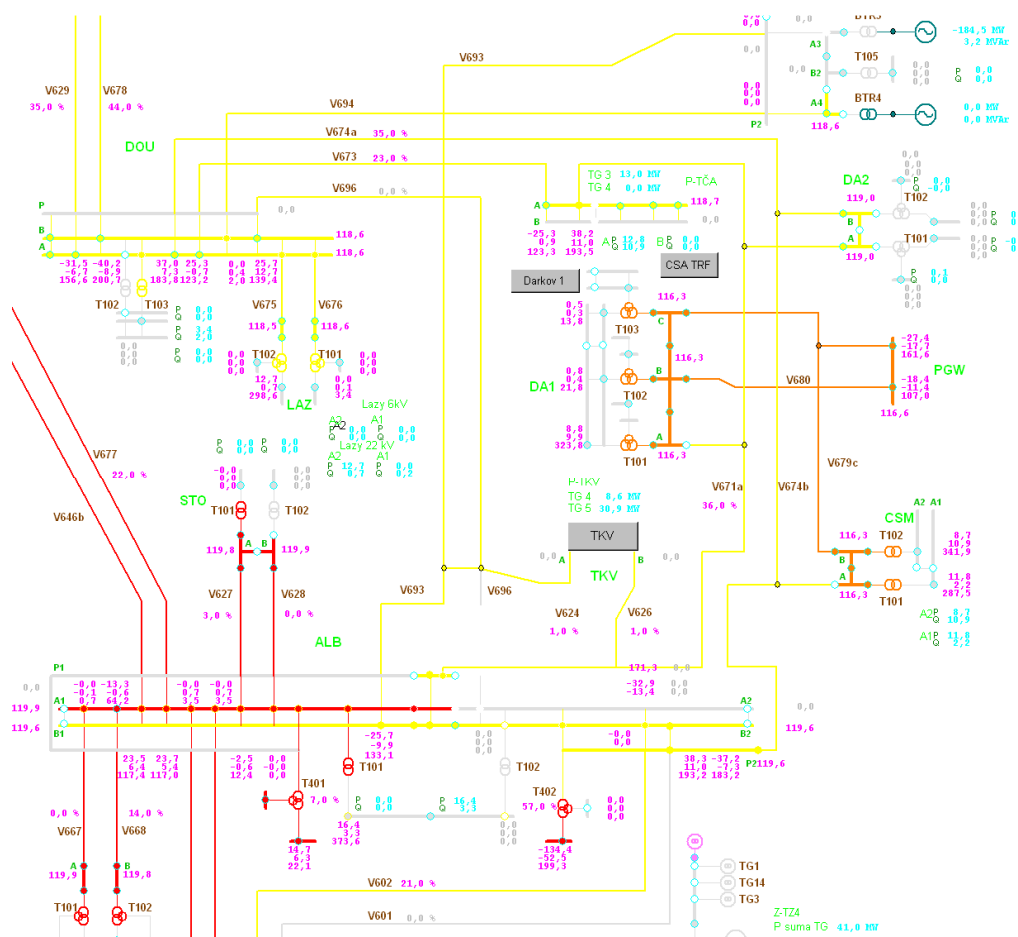
Pro variantu číslo jedna byl vytvořen model v programu PAS Daisy pro ověření dovoleného zatížení vedení při daných etapách rekonstrukce. Nejvíce nás zajímá provoz sítě při etapách 1 a 3, ve kterých budou provedeny zásahy ovlivňující provoz přenosové soustavy. V tabulce č. 2 jsou uvedeny jednotlivé parametry daných vedení, dále obsahuje nastavení popudového proudu a typ ochrany těchto vedení. V posledních sloupcích tabulky jsou uvedeny provozní proudy na vedeních vypočtené v simulačním programu Daisy pro první a třetí etapu rekonstrukce rozvodny.

Tabulka č. 2: Parametry vedení

<b>vedení č.</b>	<b>l</b>	<b>S</b>	<b>vodič</b>	<b>zemní lano</b>	<b>ochrana</b>	<b>popud</b>	<b>etapa 1</b>	<b>etapa 3</b>
<b>(-)</b>	<b>(km)</b>	<b>(mm<sup>2</sup>)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>(-)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>
V601	12,2	450	AlFe	KZL	REL511	1080	0,0	85,2
V602	12,2	450	AlFe	KZL	REL511	1080	171,3	85,2
V611	17,3	185	AlFe	AlFe	REL511	820	3,5	4,0
V612	17,3	185	AlFe	AlFe	REL511	820	3,5	4,0
V624	5,9	150	AlFe	AlFe	REL511	380	0,0	0,0
V626	5,8	150	AlFe	AlFe	REL511	380	0,0	120,3
V627	2,8	185	AlFe	Fe	REL511	380	12,4	162,4
V628	2,8	185	AlFe	AlFe	REL511	380	0,0	175,1
V646	15,3	240	AlFe	AlFe	REL511	960	117,4	65,5
V667	4,8	185	AlFe	AlFe	REL511	380	0,7	18,1
V668	4,8	185	AlFe	AlFe	REL511	380	64,2	65,4
V671	10,8	240	AlFe	KZL	REL511	960	193,2	123,5
V674	15,7	240	AlFe	KZL	REL511	960	183,2	106,5
V677	6,3	240	AlFe	AlFe	REL511	960	117,0	162,4
V693	17,0	2 x 670	AlFe	AlFe	REL511	2890	133,1	0,0
V696	9,8	2 x 670	AlFe	AlFe	REL511	2150	139,4	282,8

## 8.1 Provoz sítě v první etapě rekonstrukce

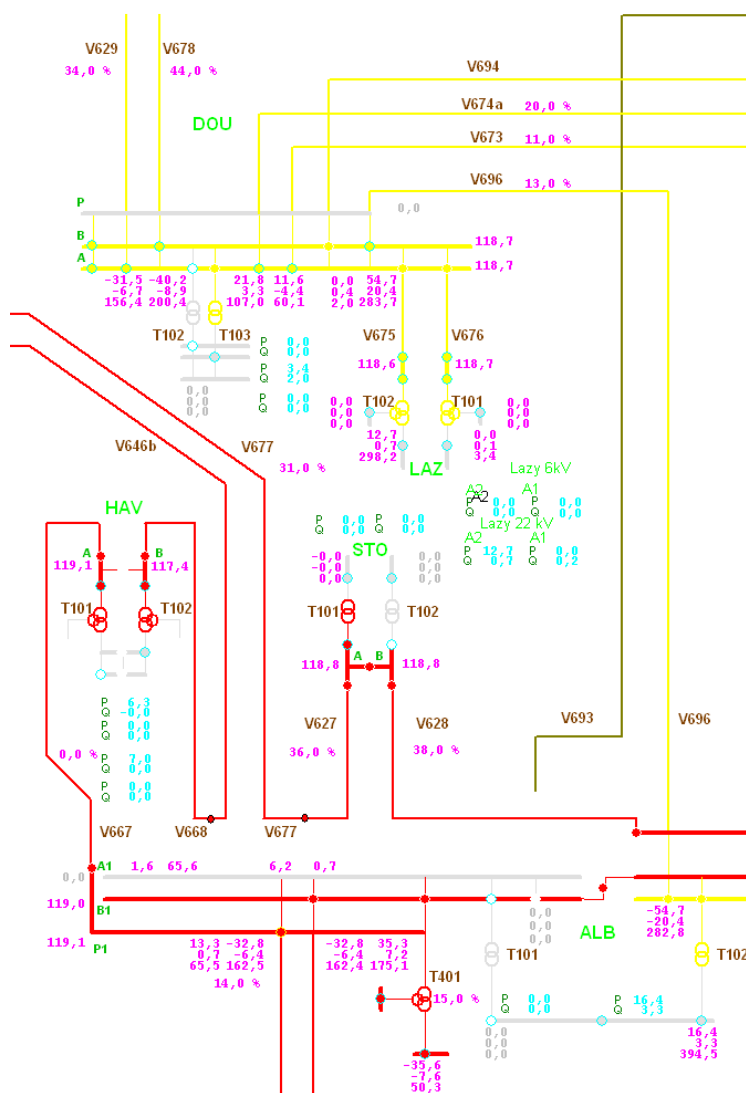
Při provozu sítě v tomto náhradním zapojení se přepojí vedení: V674, V671, V626, V624, V696. Dojde ke změně zatížení vedení a směru toku výkonů v přenosové soustavě. Spojením vedení V696 s vedením V693 a V624 se vytvoří smyčka pro napájení rozvodny Doubrava. Toto přepojení změní rozložení výkonu v celé síti. Změní se směr toku výkonu na vedení V677 z rozvodny Důl Dukla a zvýší se jeho zatížení o 12%, a to samé nastane na vedení V646 z rozvodny Vratimov, kde se zvýší zatížení vedení o 12%. Na vedení V674 do rozvodny Doubrava se zvýší zatížení o 15%, a také na vedení V671 napájející Důl Československé Armády o 17%. Zatížení se zvýší i na vedení V602 spojující rozvodnu Ropice o 20%. Snížení zatížení nastane na vedení V688 do rozvodny Havířov o 6%. Další snížení zatížení bude na vedení V626 z teplárny Karviná. Na vedeních V611 a V612 spojujících rozvodnu Lískovec nedojde ke změně zatížení. Dále dojde k většímu zatížení transformátoru T402 o 50% a ke snížení zatížení na T401 o 3%. Schéma modelované sítě je na obr. č. 8.1.



Obr. č. 8.1: Schéma DS při první etapě rekonstrukce

## 8.2 Provoz sítě ve třetí etapě rekonstrukce

V této etapě se provedou zásahy na vedeních: V693, V628, V627, V677, V646, V668, V667. Vedení V693 bude zcela odpojeno a bude nutné dojednat snížení výkonu na třetím bloku elektrárny Dětmárovice. Na „těžkém“ vedení V696 a V674 do rozvodny Doubrava se zatížení nezmění. Vedení V671 spojující rozvodnu Albrechtice s rozvodnou v dole Československé armády bude zatíženo o 4%. Na vedení V626 se zatížení sníží o 9%. Další zvýšení zatížení nastane na vedeních V601 a V602 do rozvodny Ropice, u obou o 9%. Na vedeních V611 a V612 do rozvodny Lískovec se zatížení nezmění. Zvýšené zatížení bude na vedeních do rozvodny Stonava, na vedení V628 o 38% a vedení V627 spojeným s vedením V677 o 28%. Mírné zvýšení zatížení bude na spojených vedeních V646 a V668 do rozvodny Havířov o 2%. Na vedení V667 se zatížení nezmění. Dále dojde k většímu zatížení transformátoru T402 o 45% a ke snížení zatížení na T401 o 5%. Schéma modelované sítě je na obr. č. 8.2.



Obr. č. 8.2: Schéma DS při třetí etapě rekonstrukce

### 8.3 Přehled zatížení vedení a transformátorů při rekonstrukci rozvodny

V programu PAS DAISY byly provedeny výpočty zatížení jednotlivých vedení a transformátorů během první a třetí etapy rekonstrukce rozvodny. Srovnání zatížení transformátorů ve stavu před rekonstrukcí a během etapy číslo jedna a tři jsou uvedeny v tab. č. 3. Zatížení vedení před rekonstrukcí a během etapy jedna a tři jsou v tab. č. 4.

Tabulka č. 3: Zatížení transformátorů

TR č.	zatížení transformátorů		
	stávající	etapa 1	etapa 3
(-)	(%)	(%)	(%)
T401	10	7	15
T402	7	57	52

Tabulka č. 4: Zatížení vedení

vedení č.	od - do	zatížení vedení				
		stávající	etapa 1	etapa 3	etapa 1	etapa 3
(-)	(-) - (-)	(%)	(%)	(%)	(A)	(A)
V601	ALB ROP	1	0	10	0,0	85,2
V602	ALB ROP	1	21	10	171,3	85,2
V611	ALB LIS	1	1	1	3,5	4,0
V612	ALB LIS	1	1	1	3,5	4,0
V624	ALB TKV	0	1	1	0,0	0,0
V626	ALB TKV	46	1	37	0,0	120,3
V627	ALB STO	8	3	36	12,4	162,4
V628	ALB STO	0	0	38	0,0	175,1
V646	VRA ALB	10	22	12	117,4	65,5
V667	ALB HAV	10	0	31	0,7	18,1
V668	ALB HAV	20	14	12	64,2	65,4
V671	ALB CSA	0	36	23	193,2	123,5
V674	ALB DOU	20	35	11	183,2	106,5
V677	ALB DKL	10	22	36	117,0	162,4
V693	ALB EDE	28	6	0	133,1	0,0
V696	ALB DOU	13	7	13	139,4	282,8

Z tabulky č. 3 vyplývá, že nejvíce bude zatížen transformátor T402 a to při první i třetí etapě rekonstrukce. Nejvíce zatížené vedení dle tab. č. 4 bude V671 v první etapě rekonstrukce. Veškeré zvýšení zatížení na vedeních a transformátorech při rekonstrukci nepřesahuje dovolenou mez zatížení těchto prvků.

## **9. Zhodnocení přínosu rekonstrukce rozvodny 110kV Albrechtice pro možnosti dalšího provozu DS 110kV v oblasti**

Důvod rekonstrukce rozvodny je navýšení její zkratové odolnosti z 20 kA na 40 kA. Tato zvýšená zkratová odolnost umožní, aby v rozvodně 110 kV bylo možné umístit transformátory 400/110 kV o výkonu 350 MVA. Po rekonstrukci bude možné připojit další zdroje elektrické energie jako je spalovna odpadů s výkonem 60 MW a zdroje obnovitelné energie. Díky možnosti připojení nových zdrojů elektrické energie je možné napájet více spotřebitelů a to umožní další rozvoj celého regionu.

## **10. Ekonomický rozbor rekonstrukce**

Rozvodna Albrechtice 110 kV projde kompletní rekonstrukcí. Rozpočet pro vybranou variantu rekonstrukce zahrnuje materiál na HOK, POK, AlFe lana, přípojnícové trubky, izolátory. Dále jsou zde uvedeny přístroje v jednotlivých polích. A poslední část tvoří odhadované náklady na provizorní přepojení v síti 110 kV.

Vybavení polí:

- Pole s vedením (16x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 2000 A	4 ks	1 280 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS-SF6 123 kV, 3150 A	1 ks	2 100 000 Kč
Odpojovač s uzemňovačem: SIEMENS-H BF6-12 + AE BF2, 2000 A	1 ks	430 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: ELPRO-ENERGO-JOF 123	3 ks	465 000 Kč
Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	3 ks	510 000 Kč

Pro jedno pole vedení		4 785 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>76 560 000 Kč</b>

- Pole rezervní (6x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 2000 A	2 ks	640 000 Kč
Pro jedno pole		640 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>3 840 000 Kč</b>

- Pole se SP (2x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 3150 A	2 ks	700 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS - SF6 123kV 3150A	1 ks	2 100 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: : ELPRO-ENERGO-JOF 123	3ks	465 000 Kč
Pro jedno pole		3 265 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>6 530 000 Kč</b>

- Pole se SPP (2x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 3150 A	3 ks	1 050 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS - SF6 123kV 3150A	1 ks	2 100 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: : ELPRO-ENERGO-JOF 123	3 ks	465 000 Kč
Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	3 ks	510 000 Kč
Pro jedno pole		4 125 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>8 250 000 Kč</b>

- Pole s transformátorem 400/110 kV (2x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 3150 A	4 ks	1 400 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS - SF6 123kV 3150A	1 ks	2 100 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: : ELPRO-ENERGO-JOF 123	3 ks	465 000 Kč
Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	3 ks	510 000 Kč
Pro jedno pole		4 475 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>8 950 000 Kč</b>

- Pole s transformátorem 110/22 kV (2x)

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 3150 A	2 ks	700 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS - SF6 123kV 3150A	1 ks	2 100 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: : ELPRO-ENERGO-JOF 123	3 ks	465 000 Kč
Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	3 ks	510 000 Kč
Svodič přepětí VVN: ELPRO-ENERGO, ZnO	3 ks	75 000 Kč
Pro jedno pole		3 850 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>7 700 000 Kč</b>

- Pole pro měření přípojníc (2x)

Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	2 ks	340 000 Kč
Pro jedno pole		340 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>680 000 Kč</b>

- Použité přístroje celkem

Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 2000 A	76 ks	24 320 000 Kč
Odpojovač: SIEMENS G BF6-123 kV, 3150 A	22 ks	770 000 Kč
Výkonový vypínač: SIEMENS-SF6 123 kV, 3150 A	24 ks	50 400 000 Kč
Odpojovač s uzemňovačem: SIEMENS-H BF6-12 + AE BF2, 2000 A	16 ks	6 880 000 Kč
Přístrojový transformátor proudu: ELPRO-ENERGO-JOF 123	72 ks	11 160 000 Kč
Přístrojový transformátor napětí: ELPRO-ENERGO-EOF 123	70 ks	11 900 000 Kč
Svodič přepětí VVN: ELPRO-ENERGO, ZnO	6 ks	150 000 Kč
<b><u>Celkové náklady na vybavení polí</u></b>		<b><u>112 510 000 Kč</u></b>

Ocelové konstrukce a další materiál:

- HOK a POK	61 360 000 Kč
- Izolátory – závěsné, podpěrné	2 700 000 Kč
- AlFe lana, svorky	4 500 000 Kč
- Trubky AlMgSi	2 500 000 Kč
- <b><u>Celkové náklady na konstrukci</u></b>	<b><u>71 060 000 Kč</u></b>

Odhad provizorního přepojení v síti 110 kV:

-	<b><u>Pro variantu č. 1</u></b>	<b><u>15 000 000 Kč</u></b>
---	---------------------------------	-----------------------------

Náklady na rekonstrukci pro variantu 1:

-	Pole	112 510 000 Kč
-	Ocelové konstrukce a další materiál	71 060 000 Kč
-	Přepojení v síti 110 kV	15 000 000 Kč
	<b><u>Celkové náklady</u></b>	<b><u>198 570 000 Kč</u></b>



## 11. Závěr

Diplomová práce popisuje elektrické sítě a stanice v ČR. Jsou v ní uvedeny teorie pro výpočet přenosu elektrické energie a výpočtu zatížení vedení a ztrát, které využívá program PAS DAISY. Tento program byl použit pro výpočty zatížení na jednotlivých vedeních a transformátorech v různých etapách rekonstrukce.

Hlavním cílem této práce bylo popsat stávající stav rozvodny a vytvořit variantní návrhy rekonstrukce rozvodny 110 kV. Rekonstrukce rozvodny je nutná z důvodu nevyhovující zkratové odolnosti 20 kA. Rekonstrukcí bude zvýšena zkratová odolnost rozvodny na 40 kA, to umožní nahrazení stávajících transformátorů 400/110 kV novými o výkonu 350 MVA. Po rekonstrukci bude možné připojit nové zdroje elektrické energie jako je spalovna odpadů a obnovitelné zdroje.

Byly vytvořeny 3 možné varianty rekonstrukce. Ke každé variantě byl vytvořen postup rekonstrukce rozdělený do etap. Z důvodu uvedených v kapitole č. 5 byla vybrána varianta číslo jedna. Pro vybranou variantu byly popsány nutné úpravy v distribuční síti 110 kV, které zahrnují zásahy do zapojení okolních rozvodů.

Pro variantu číslo jedna byl vytvořen model v programu DAISY. Díky tomuto modelu bylo možné ověřit zatížení vedení a transformátorů během následujících etap rekonstrukce. V žádné etapě rekonstrukce nedojde k překročení dovoleného zatížení jednotlivých prvků.

## **Použitá literatura:**

- [1] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. [s.l.] : VŠB Ostrava, 2008. 208 s.
- [2] SANTARIUS, Pavel. *Elektrické stanice a vedení*. [s.l.] : VŠB Ostrava, 1990. 210 s.
- [3] RUSEK, Stanislav. *Teoretická elektroenergetika*.: VŠB Ostrava, 2007. 75s.
- [4] HODINKA, Miloslav, FECKO, Štefan, NĚMEČEK, František. *Přenos a rozvod elektrické energie*. [s.l.] : SNTL, 1989. 328 s.
- [5] Dokumentace ČEZ a.s.

## **Seznam příloh:**

1. Schéma distribuční sítě před rekonstrukcí – model v programu PAS DAISY.
2. Schéma distribuční sítě v první etapě rekonstrukce – model v programu PAS DAISY.
3. Schéma distribuční sítě v třetí etapě rekonstrukce – model v programu PAS DAISY.